الإضاءة الكهربائية

الإضاءة الكهربائية

تأليف

أ. د. محمد محمد حامد

كلية الهندسة ببور سعيد

العام ٢٠٠٢

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

دخلت الاستخدامات الكهربائية في حياتنا المعاصرة بشكل مكثف وبصورة مركزة في كافة المجالات ومن أولها اهتماما كانت وسائل الوقاية التي لم تتوقف عند حد الإضاءة اليومية وخصوصا المنزلية إلا أنها انتشرت وجابت باقي المجالات الصناعية والزراعية بل وامتدت إلي الوسائل الطبية والعلاجية ولم تتوقف بل دخلت في الوقاية البشرية ضد الآفات والحشرات وغيرها .

يقدم هذا الكتيب نبذ ة بسيطة وسهلة عن الأسس الهندسية المتبعة واللازمة في هذا الصدد وأنواع الإضاءة المستخدمة وأكثرها انتشارا بجانب الميدان الجديد الذي انتقلت إليه الإضاءة كالإضاءة المسرحية والمرورية والتعامل مع الحاكمات المنطقية المبرمجة ومثالين بسيطين لتطبيقات نمطية حديثة أيضا ونتمنى أن تكون المادة العلمية في الكتيب مفيدة وهي تخدم المهندسين بكافة التخصصات والطلاب بالجامعات والمعاهد العليا الهندسية وكذلك الطلاب في المدارس الفنية والصناعية .

وهو مبسط لدرجة كبيرة مساهما في إزالة عثرات اللغة الأجنبية والتعامل المباشر مع أدق البيانات باللغو العربية يعين في الفهم ، وقد عولجت الموضوعات التي وردت في الكتيب بأسلوب مبتكر وأرجو أن أكون قد تبعت قول الله جل جلاله في سورة النحل :

بسم الله الرحمن الرحيم

(وسخر لكم الليل والنهار والشمس والقمر والنجوم مسخرات بأمره إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون)

صدق الله العظيم

المؤلف

الباب الأول

أهمية الإضاءة Importance of Light

تلعب الإضاءة دورا مهما ومحوريا في الحياة وتتشعب الاستخدامات لشبكات الإنارة في مختلف النواحي الصناعية والزراعية والاجتماعية وغيرها ولا يقتصر دورها على أساليب التأمين والمعايشة اليومية بل يتعداه إلى السلامة والأمان في مناطق أخرى فمثلا عملية الإنتاج قد تتوقف تماما إذا كانت الإنارة دون المستوى المطلوب ، ولقد حظيت موضوعات الإنارة بالدراسات المستفيضة سواء من ناحية الجوانب الأكاديمية النظرية أو تلك التطبيقية العملية لتواكب المتطلبات المتزايدة لمختلف أنشطة المجتمع.

من المعروف جيدا أن شبكات الإنارة تختلف اختلافا متباينا من حيث الاستخدام أو التصنيع فما يستخدم في المصانع والورش قد لا يصلح في المستشفيات كل حسب الهدف والغرض والعوامل البيئية المصاحبة له ولقد أدى ذلك إلى استنباط ما يسمى بنظم إدارة الإنارة والتي تحدد المواصفات الدقيقة والعملية لنظام الإنارة في مكان ما والتي تتكامل مع المنشأة الموجودة فيها للحصول على مميزات متعددة وحيوية ، كما أنه بطبيعة الحال بعد التقدم الهائل في صناعة الطائرات فلقد استحدثت أنظمة صممت خصيصا لإنارة الطائرات في جميع حالات الطيران المختلفة سواء نهارا أو ليلا لأمان الطائرة وراحة الركاب ، ولقد تطورت أنظمة إدارة الإنارة في العقدين المنقضيين بما يواكب التقدم العلمي للوصول بما يسمى حاليا الأنظمة الذكية للإنارة وهي التي تطبق حاليا في المكاتب المهمة والفنادق الكبرى العالمية والشركات المتقدمة .

تنمو وبصورة سريعة نظم إدارة الإنارة الذكية **Expert Systems** في كثير من البلدان المتقدمة مثل أمريكا وأوروبا وأيضا في أقطار الشرق الأقصى حتى وصلت إلى معدلات قياسية من التقنية والكفاءة ، وجدير بالذكر هنا أن نحدد كمثال تطبيقي على أهمية هذه النظم ما أنفقته شركة الخطوط الجوية البريطانية خلال الفترة الماضية القصيرة ما يقرب من ٢٠٠ مليون جنية إسترليني لبناء نظام إنارة خاص بها . ولأن شبكات الإنارة الآن تستهلك القدر الكبير من الطاقة فإن الطرق التقليدية القديمة في الفصل والتوصيل تصبح عديمة الفائدة بل ضارة أحيانا ، ولهذا كان من الضروري البحث عن طرق وأساليب توفر الطاقة وتكون آمنة في ذات الوقت . وأصبح متاحا اليوم العمل الآلي لتشغيل دوائر الإضاءة مباشرة فور هبوط مستوى الإضاءة في الموقع عن حد معين (حد مرجعي) فبذلك نستطيع التعامل مع هذه النظم وتكون ناجحة مع تكاثر السحب نهارا أو مع هبوط الليل أو مع الإظلام الداخلي في بعض المنشآت موفرة للطاقة بجانب أنها تعمل آليا ولا تحتاج إلي اليقظة في تشغيلها ، إضافة إلي نفس التشغيل الآلي بقطع التيار عن دوائر الإضاءة إذا ما ظهر النهار فمثلا عند بزوغ النهار أو ظهور النور .

وتتيح أنظمة الإدارة الحديثة في هذا المجال ليس فقط تلبية رغبات المستهلكين في الحال ومستقبلا وفي جميع المساحات باستخدام الحاسب الآلي علاوة على الاستعانة بالأشعة تحت الحمراء مع مبينات أو كاشف حساس للضوء فتتحكم في دوائر منطقية قابلة للبرمجة

مع الحاسب فتعمل على التشغيل توصيلا أو فصلا حسب الاحتياج وقد أصبح فعلا هذا النظام مستخدما ولعدد هائل من المصابيح والمفاتيح مع تغيير مستويات الإضاءة في ذات الوقت على التوازي أو في أزمنة متتالية لنفس الدائرة الواحدة .

يمكن الحصول على الضوء من خلال عدة طرق منها: (١- مرور تيار كهربي في فتيلة ٢- قوس كهربي بين قطبين (معدن أو كربون) ٣- تفريغ كهربي داخل بعض الغازات مثل بخار الصوديوم أو الزئبق أو النيون) كما يجب مراعاة ما يلي : (١- شدة الإضاءة المناسبة لأداء العمل المحدد ٢- كمية اللون المناسبة في هذا الضوء ٣- تجنب الإبهار الناتج عن شدة الضوء ٤- تجنب الظلال الشديدة المعتمة ٥- الصيانة الجيدة والمستمرة لدوائر الضوء وملحقاتها) .

كان النوع الزيتي أول مصابيح استخدمت للإضاءة في العصر الروماني منذ حوالي مائة عام قبل الميلاد ثم اكتشف همفري ديفي عام ١٨٠٨ وجود شرارة دقيقة جدا باستخدام التيار الكهربي عند تقريب سلكين بينهم مسافة صغيرة جدا موصلين بقطبي بطارية ، ثم استخدمت المصابيح المملوءة بالغاز في الإضاءة الشوارع بباريس وأمريكا عام ١٨١٦ وكذلك أجريت تجارب متعددة في الفترة ١٨٤٩- ١٨٥٦ لتطوير مصابيح القوس الكهربائي الكربونية بواسطة كل من ستيني وبيتر ، ثم في الفترة التالية ١٨٧٠- ١٨٩٨ تمكن هولمز من إضاءة بعض المنازل في مدينة لندن بواسطة مصابيح القوس الكربونية من مولدات كهرو مغناطيسية والتي تدار بالبخار ، وفي عام ١٨٧٦ اخترع الضابط الروسي جابلوشكوف مصابيح تحتوي على قطبين من الكربون موضوعين بجانب بعضهما وسمي هذا المصباح بالشمعة الكهربائية وفي ١٨٧٨ أنتجت مصابيح القوس الكهربي وفي عام ١٨٧٩ اخترع توماس أديسون المصباح الكهربي وكانت فتيلة هذا المصباح من الورق المكربن ، ثم مصابيح الورق المكربن فمصابيح فتيلة الخيزران المطلية بالكربون Carbonized Bamboo Filament Lamps وتلي ذلك استخدام أول نظام إضاءة كهربي للشوارع بمصابيح القوس الكربوني المفتوح ثم تطورت في عام ١٨٩٣وأصبحت مصابيح القوس الكربوني المغلق هي المستخدمة Open Carbon Arc Lamp وقد تطورت صناعة المصابيح وأنتجت مصابيح أخرى مثل مصابيح القوس المشتعل Flaming Arc Lamps ومصابيح القوس المضيءLuminous Arc Lamp ثم في عام ١٨٩١ استخدمت مصابيح الفتيلة السيلولوز المطلية بالكربون Carbonized Cellulose Filament ، وفي عام ١٩٠٥ ظهرت أول مصابيح الفتيلة المعدنيةMetallic Filament وفي نفس الوقت أنتجت مصابيح الأوزميوم Osmium Lamp ثم أنتجت مصابيح التنتاليوم Tantium Lamp وفي عام ١٩٠٦ ذات فتيلة من معدن التنتاليوم . بعد ذلك أجريت تحسينات على مصابيح الفتيلة المعدنية حتى أنتجت المصابيح المملوءة بالغاز Gas Lamps وفي عام ١٩٣٤ استخدمت مصابيح الصوديوم بشدة إضاءة أعلى (٥٦ ليومن / وات) وكان عمر المصباح في حدود ٤٠٠٠ ساعة ، وقد استخدمت لأول مرة مصابيح الزئبق في عام ١٩٣٩ . كما

أنتجت تجاريا مصابيح تنجستن عام ١٩٣٧ وتميزت عن المصابيح السابقة وظهرت في نيويورك المصابيح الفلورسنت الأنبوبية الموفرة للطاقة في الفترة ١٩٣٨ ـ ١٩٣٩ وتحتوي على دائرة تسخين متقدم لبداية التشغيل وفي عام ١٩٤٤ تم تشغيلها بدائرة بداية التشغيل اللحظي . وفي عام ١٩٥٢ استخدمت دائرة بداية التشغيل السريع وفي عام ١٩٧٨ أنتجت المصابيح الفلورسنت الأنبوبية ذات قطر أقل من سابقيها وبنفس الأطوال ومنذ سنوات أنتجت المصابيح الفلورسنت ذات القطر ١٦ مم ، وبعد ذلك تعددت الأبحاث لإنتاج المصابيح الفلورسنت المدمجة ثم أنتجت في ١٩٩١ مصابيح الحث الكهربيInduction Lamp أو تلك بدون أقطاب المصابيح الفلورسنت المدمجة Electrodeless Lamp ثم في ١٩٩٦ ظهرت المصابيح الفلورسنت المدمجة الحلزونية Helix Compact Fluorescent Lamp. وقد تم حصر الطاقة المستهلكة في الإضاءة بمصر لمدة عام طبقا لتقارير هيئة كهرباء مصر كما.في الجدول رقم ١ـ١ بالنسبة المئوية لاستهلاك الطاقة الكهربية اللازمة للإضاءة من الطاقة الكلية .

الجدول رقم ١ـ١ : استهلاك الطاقة الكهربية في الإضاءة بمصر

القطاع	جيجا وات ساعة في العام	الإضاءة (%)	القطاع (%)
السكاني	٤٦٢٢	٧٣	٣٨
تجاري	٨٥٨	١٤	٥٠
صناعي	٤٤٧	٧	٢
حكومية وأخرى	٣٦٥	٦	٧
إجمالي	٦٢٩٢	١٠٠	٩٧

١ـ١ : خصائص الضوء Light Performance

الضوء عبارة عن طاقة وهي لذلك تتحول من أي من صور الطاقة كهربائية كانت أو كيميائية أو غيرهما وهي تنطلق في خطوط مستقيمة داخل الوسط

الشكل رقم ١-٢ : الأشعة المرئية

الشكل رقم ١-١ : انعكاس الضوء

medium وتكون سرعته ٣ x ١٠ ^٨ سم/ث في الفضاء Space وتقل عن ذلك في الهواء Air والمعادن والسوائل ، ولكل وسط معامل انعكاس reflecting وآخر للمرور refracting داخل الوسط الجديد وهذا ما يظهر في الشكل ١ـ١ حيث أن سرعة الضوء تتحدد بالمعادلة

سرعة الضوء = طول موجة الضوء x ذبذبة الموجة (١-١)

فمثلا طول موجة الأشعة فوق البنفسجية ٤٠٠ نانو متر بذبذبة ٧,٥ × ١٠ ^١٤ هيرتز بينما طول الموجة تحت الحمراء هو ٧٥٠ نانو متر بذبذبة ٤ × ١٠ ^١٤ هيرتز عند مرور أي موجة من وسط إلى آخر لا تتغير الذبذبة ولكن يتغير كل من طول الموجة وسرعتها تبعا

للمعادلة رقم ١-١ . ينتج الإشعاع الضوئي كموجات كهرومغناطيسية electromagnetic waves من خلال العمليات الفيزيقية والكيميائية المختلفة وحيث أننا بصدد الإشعاع الضوئي radiation of light فقط في نطاق الرؤية البصرية vision range (٣٨٠ – ٧٨٠ نانو متر) إضافة إلى الموجات فوق البنفسجية ultra violet وتحت الحمراء infrared حيث أصبح متاحا تحويلها إلى مجال الرؤية ويتضح من الشكل رقم ١-٢ أن الموجات المختلفة تتزايد وتتناقص بينما الموجات الضوئية تقبع في الوسط تقريبا وكلما تحركنا طرفيا تقابلنا مع الأشعة الضارة والخطرة مثل جاما وغيرها ، كما ينتج الإشعاع المرئي عموما من :

١- التوهج luminous through over heating نتيجة سخونة السوائل أو المعادن الصلبة في درجات حرارة عالية جدا تصل إلي حد الانصهار

٢- التفريغ الكهربي electric discharge بمرور التيار في الغازات

٣- مرور تيار في أشباه الموصلات semiconductors والمواد الفسفورية

٤- إعادة الإشعاع re-radiation بعد امتصاصه مثل المواد الفسفورية والفلورية

٥- من خلال الديناميكية الإليكترونية بالتصادم electron collisions منتجا " فوتون "

٦- من خلال العمليات الكيميائية chemical والحرارية لبعض المعادن

ويبين الجدول ١-٢ توزيع شدة الاستضاءة (فوتو متري) الفيض الضوئي تبعا للاتجاهات والزاوية الفراغية

الجدول رقم ١-٢ : أنواع الإضاءة

ضوء	اتجاه الاشعة	ضوء أعلى (%)	ضوء أسفل (%)	التأثير
مباشر		٠ — ١٠	١٠٠٠٠-٩٠	تركيز الضوء إلي أسفل ويقل علي السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول علي شدة متساوية وتجنب الإبهار
مباشر بشكل رئيسي		١٠-٤٠	٦٠-٩٠	تركيز الضوء إلي أسفل ويقل علي السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول علي شدة متساوية وتجنب الإبهار
بالتساوي		٤٠-٦٠	٦٠-٤٠	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف ويكون متجانسا في التوزيع وقد تستخدم المنضدة لمثل هذه النوعية
غير مباشر بشكل رئيسي		٦٠-٩٠	٤٠-١٠	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف
غير مباشر		٩٠-١٠٠	٠-١٠	الظلال شديدة ويصلح في أعمال الديكور بشكل عام كما لا يوجد إبهار
غير مباشر		٩٠-١٠٠	٥-١٠	الظلال شديدة وهي الضوء الشائع كما أنه يصلح لأعمال التصوير فوتوغرافي وسينمائي وأعمال الديكور ويقضي على أي إبهار

ويظهر الجدول الأنواع المتباينة من أشعة الضوء ومستوى استخدامها في شتى الميادين حيث ننتفع بها في الدوائر الكهربية الحساسة لحماية المتاحف بل وفي الكشف عن الدخان أو عن مسببات الحريق إلي غير ذلك من المهام وهي كلها نافعة للإنسان كما لا يفوتنا أشعة

الليزر بمنافعها ومضارها في القرن العشرين وما سوف ينتجه القرن الحالي من معجزات ضوئية مقبلة ، وبعد ما سبق تقديمه بصورة عامة عن الضوء نستعرض خصائصه في السطور التالية.

أولا : الوحدات الهندسية Engineering Units

نتعرض في هذا الجزء للتعاريف المختلفة definitions للوحدات الضوئية والتي تنتج من المصابيح الكهربية فالمصباح الكهربي أيا كان نوعه هو أداة لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية وذلك عن طريق مرور تيار كهربي عبر وسط ما وهو الذي يحدد نوعيته وخصائصه خصوصا وإننا سنتعامل مع أنواع عديدة من المصابيح الكهربية حيث يختلف كل نوع عن الآخر من حيث التصميم والأداء تبعا للغرض من المصباح وأهمها هو الإنارة ، ويمكن الاعتماد علي الأسطح العاكسة للضوء والتي تعتبر بدورها مصادر ضوئية ثانوية كما أظهر ذلك الجدول رقم ١-٢ ومن هذه الوجات :

١ - الفيض الضيائي Luminous Flux ϕ

هو كمية الإشعاع الضوئي الخارجة من منبع مضيء في الثانية الواحدة شدته ١ كانديلا على مساحة ١ م ٢ ووحدة الفيض الضوئي هو اللومن ويرمز لها بالرمز المختصر (lm)

٢ - كمية الضوء Quantity of Light Q

تعرف كمية الضوء الخارجة من مصباح معين في زمن معين بأنها

$$Q = \phi t \quad (lm. s)$$

(1-1')

حيث t هي الفترة الزمنية و ϕ هو الفيض الضيائي لهذا المصباح .

٣ - كفاءة الإضاءة Luminous Efficiency

تتحدد بالنسبة بين شدة الضوء بوحدات الليومن إلي كل وات من الطاقة المنتجة له فمثلا المصباح المستهلك لطاقة ١٠٠ وات وينتج ضوءا قدرته ٥٠٠ ليومن فتكون كفاءته هي ٥٠٠ / ١٠٠ أي ٥ ليومن / وات

٤ - الاستضاءة E Illumination

هي تلك الكمية الساقطة من الفيض الضوئي علي سطح مساحته الوحدة أي أنها تعادل الوحدة (lm/m^2) وهي الوحدة الجديدة والتي تسمي اللوكس حيث (اللوكس = ليومن / مربع المتر) وتأخذ الصيغة :

$$E = d\phi / ds$$

(1-2)

٥ - شدة الإضاءة (I) Luminous Intensity

تعرف بأنها كمية الفيض الضوئي الساقط علي مساحة ما بالنسبة إلي الزاوية الفراغية المقابلة لهذا السطح عند المنبع الضوئي ووحدتها الكانديلا والتي تعبر عن قوة الضوء الساقط علي مساحة الوحدة ١ سم٢ ($I = \phi$ /solid angle)

٦ - النصوع Luminance (L)

يقاس بهذا المعامل شدة الضوء الصادر عن منبع ضوئي أو ذلك المنعكس عن ضوء أساسي آخر وهو محدد الاتجاه ويتحدد لكل نقطة علي حدة علي كل سطح ويمثل شدة النصوع علي المساحة الساقط عليها وبذلك تصبح وحداته هي كانديلا / سم٢ ($L = I / A$)

٧- الانعكاسية Reflectance

يظهر الضوء المنعكس من الأسطح المواجهة لمنبع الضوء وتكون أكثر تجانسا من ضوء المنبع الرئيسي ولكنها بقدر أقل بمعامل أقل من الواحد الصحيح ولذلك يكون

الضوء المنعكس = الضوء الساقط x معامل الانعكاس (١-٣)

٨- معامل الاستهلاك Depreciation Factor

يتأثر هذا المعامل بعمر الفتيلة وهو ما يتبع الصيغة :

معامل الاستهلاك = الفيض الفعلي / الفيض الأقصى في بداية التشغيل (١-٤)

٩- معامل الاستفادة Use Factor

يعبر هذا المعامل عن النسبة بين كلا من الضوء الساقط والضوء الأصلي الصادر عن المنبع الضوئي ويتم التعبير عنه بالمعادلة

معامل الاستفادة = الفيض المستغل فعلا / الفيض الكلي بالمنبع (١-٥)

وفي الواقع الفعلي يتراوح هذا المعامل بين ٧٠ و ٨٠ % وهو يعتمد علي

(أ) الأسطح العاكسة وهي تتمثل في الحوائط والسقف وألوانها

(ب) ارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء

(ج) زاوية الضوء الموجه إذا ما كان المصدر موجها

مع العلم بالتحويلات بين الوحدات الآتية : (١ لومن / قدم ٢ = ١٠,٧٦٤ لومن / متر ٢ = ١ قدم كاندیلا ، ١ لومن / متر ٢ = ١ لوكس = ٠,٠٩٣ لومن / قدم ٢)

١٠- معامل الصيانة Maintenance Factor

يعتمد هذا المعامل علي المتابعة والصيانة ويتأثر بالنظافة وهو عادة في حدود متباينة تبعا لمكان الاستخدام الضوئي فالمكاتب معامله ٠,٨ بينما للورش حيث الأتربة يصل إلي ٠,٤ كما تظهر درجة الحرارة كمؤثر هام في هذا المجال وخصوصا في المناطق الحارة وما ينعكس علي وحدة الإضاءة وما يستلزم من ضرورة الاعتماد علي مساعدات لتمرر الحرارة من حول وحدات الإضاءة لتقليل درجة الحرارة ويأتي الغبار والمنتشر في الأجواء وخصوصا تلك القريبة من المصانع الأسمنتية وما يماثلها لما تسببه من خفض شدة الإضاءة أو الحاجة المستمرة للصيانة والنظافة وضرورة الاعتماد علي النظم المغلقة من وحدات الإضاءة covered units ثم يظهر التأثير الآخر وهو الرطوبة والماء في المناطق الممطرة أو تلك المستخدم فيها رشاشات المياه ولذلك يجب أن تكون وحدة الإضاءة مانعة للصدأ ومانعة للتسرب المائي أو الرطوبة عموما وتستخدم في هذا النطاق الألياف الزجاجية ولذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لهذه الأعمال معامل الصيانة والاستفادة أيضا بأن يرفع القدر المطلوب بالصيغة

$$\text{شدة الضوء بالتصميم} = \frac{\text{شدة ضوء المصدر حسابيا} \times \text{المساحة المنارة}}{(\text{معامل الاستفادة} \times \text{معامل الصيانة})} \qquad (١-٦)$$

١١ - حد الإبهار Glare Limit
يتحدد هذا الحد بمدي القدرة علي الرؤية وبالنسبة للإنسان فلها الحدود البصرية المعروفة وكل ما يفوق هذا الحد يصبح في مجال الإبهار ويكون ضارا للعين المجردة ويجب أن نبتعد عن احتمالات حدوثه في أعمال التصميم

الشكل رقم ١-٣ : تأثير عمر تشغيل المصباح

ثانيا : المصابيح الكهربية Electric Lamps

تتعدد أنواع المصابيح وأشكالها ونظريات عملها والغرض منها ولكنها تشترك في بعض الصفات الأساسية والتي لا غنى عنها عند التعامل معها واختيار الأمثل منها وذلك ينحصر في أهم الخصائص العامة والمميزة لها عند المقارنة أيضا وهي والتي تنحصر في :

١ - شدة الضوء Luminance
تعتمد شدة الضوء علي اتجاه الضوء وهو عادة ما يكون مطلوبا في كل الاتجاهات خصوصا مع الحديث منها ولكن ذلك يتناقص بالتقادم وتقاس شدة الإضاءة الابتدائية للمصباح الفلوري بعد مرور ١٠ ساعات تشغيل متواصل كي تتزن القدرة الإضائية والتي تتآكل مع الزمن بترسيب داخلي علي حائط المصباح ويبين الشكل رقم ١-٣ متوسط عمر المصباح وتأثره بالتقادم فمثلا يقاس ٥٠ % من عمر مصباح الصوديوم ضغط عالي بينما ٤٠ % للمعادن الهاليد .

الشكل رقم ١-٤: منحني عمر المصباح (قياسي)

٢ - الكفاءة الضوئية Efficiency
سبق الإشارة إليها وتقدر بحوالي ٢٠ % للمصباح الفلوري حيث يستبعد الفقد في الملف الخانق ولذلك تقدر الكفاءة بالقدرة الداخلية للدائرة .

٣ - اللون Color
يمثل اللون الضوئي خاصية هامة للمقارنة ولهذا نضع معاملين هما : المعامل الحراري للون correlated color temp (CCT) وذلك المعامل مؤشر تغير اللون color rending index (CRI) .

٤ - العمر المتوسط Age
يقدم الشكل رقم ١-٤ مدى تأثر عمر المصباح وهو ما يعادل في المتوسط ٢٠ ألف ساعة تشغيل ويعطي الشكل رقم ١-٥ تأثير القدرة الضوئية علي عمر المصباح .

الشكل رقم ١-٥ : عمر المصباح

٥ - التكلفة Cost

وهي من العوامل الهامة للمقارنة ويشمل تكلفة المصباح والملحقات وتكلفة التشغيل والصيانة وملحقات المصباح من عاكس وملف خانق أو بادئ وغيره .
كما يمكن تقسيم المصابيح إلي النوعيات التالية :

(أ) المصابيح الطبية medical Lamps مثل مصابيح الشمس وتلك القاتلة للجراثيم

(ب) مصابيح مسرحية وسينمائية Theatre Lamps وهي تلك التي تضئ مناطق محدودة وبتركيز عال حيث تستخدم العدسات المختلفة وتصمم لمسافات متباينة مثل مصباح الزينون

(ج) مصابيح الوقاية الآلية Protection Lamps مثل تلك المستخدمة في حماية البنوك والمتاحف وغيرها وقد يستعان بضوء الليزر في هذا الصدد

(د) مصابيح الاضاءة العادية Light Lamps وهي الأكثر شيوعا وهي في الحقيقة تنقسم بدورها إلي:

النوع الأول : مصابيح الفتيلة Filament Lamp

حيث تعتمد علي نظرية التوهج الناتج للضوء خصوصا مع تلك المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية والتي تتضمن كلا من :

١- المصباح المتوهج Incandescent Lamp حيث تصل أحيانا إلي ٢٤٠٠ °م وتحتوي علي جميع الألوان بالرغم من تغلب اللون الأحمر والأصفر وتصنع الفتيلة من تنجستن وتوضع داخل قارورة من الزجاج الشفاف مفرغة الضغط .

٢- مصباح تنجستن – هالوجين Tungsten – Halogen Lamp حيث يدخل فيها بخار تنجستن ويترسب مع الاستعمال والتشغيل ويترسب علي الجدار الداخلي ولذلك يضاف النيتروجين والأرجون فيها للتغلب علي هذا البخر

٣- مصباح القوس الكربوني Carbon Arc Lamp ويصلح للتيار المستمر أو المتردد وعادة ما تكون الثغرة الحادث بها التفريغ في حدود ٣ – ٦,٥ مم

النوع الثاني : مصابيح التفريغ الغازي Gas Discharge Lamps

وهذا النوع متباين ومتعدد وهي تنقسم إلي فرعين فمنها :

(أ) مصابيح ذات مستوى إضاءة متوسط Normal Level وهي :

١- المصباح الفلوري Fluorescent Lamp

(ب) مصابيح عالية شدة الإضاءة High Level

ومنها ما يلي :

١- مصباح الصوديوم Sodium Lamp

٢- مصباح الزئبق Mercury Lamp

٣- مصباح الهاليد المعدني Metal Halid Lamp

الشكل رقم ١ – ٦: الطاقة الإشعاعية

بعد هذا التحديد لأنواع المصابيح ننتقل إلي الصفات الفنية والهندسية التي تتعلق بها في إطار مركز .

١-٢ : مصباح الفتيلة Incandescent Lamp

هذا النوع من المصابيح يعتمد علي مرور تيار كهربي في فتيلة معدنية مسببا توهجها فتصدر ضوءا بجانب هذه الحرارة العالية نتيجة لتحرير الإلكترونات من مداراتها فتصبح حرة ، ولما كانت الفتيلة تعمل عند درجات الحرارة المرتفعة كي تصدر الضوء فكان لزاما أن تصنع من مادة غير سريعة الانصهار ولذلك كانت مادة تنجستن هي المناسبة لمثل هذه الظروف ويضاف في وعاء المصباح غاز خامل تحت ضغط بخار منخفض ليعمل علي تبريد الفتيلة مرتفعة الحرارة من جهة ويمنع عنها التفاعلات الكيميائية فيحميها من الصدأ من الجهة الأخرى ويجب أن تكون الفتيلة قادرة علي الإشعاع ولها مقاومة مناسبة لهذا التشغيل (الشكل رقم ١-٦) . من طبيعة هذا النوع أن الضوء ، وما يصدره من أشعة مرئية والصادر عن التوهج ، يغلب عليه اللون الأصفر والأحمر بينما يحتوي علي الألوان الأخرى بمعدلات ضعيفة مثل اللون الأزرق والأخضر مثل ضوء النهار مسببا الزيادة الحرارية المعتادة والتي تصل إلي ٢٣٠٠ درجة كلفن ، ولأنها أول المصابيح التي عرفت في التاريخ فعمرها أصغر من غيرها من الأنواع الأحدث حيث يتراوح بين ١٠٠ و ٢٠٠٠ ساعة تشغيل وتعتمد الفتيلة علي كمية الحرارة المفقودة بالإشعاع لأن الانتقال الحراري ضئيل ويهمل .

الشكل رقم ١– ٧: تأثير الجهد

جدير بالذكر أن التصنيع الحالي لمادة الفتيلة يحتوي علي القليل من الألومنيوم أو البوتاسيوم أو السليكون مع تنجستن لأن هذه الإضافة تزيد من صلابتها الميكانيكية يظهر من الشكل أن مادة تنجستن تشع فقط ٧٥ % من الإشعاع الكلي للجسم الأسود لنفس درجة الحرارة وتزيد هذه النسبة كلما ارتفعت هذه درجة الحرارة حيث نجد الأعطال الدائمة في هذه المصابيح يحدث مع لحظة بدء تشغيل المصباح لأن الفتيلة تتلقى تيارا يعادل ١٤ مرة مثل التيار المقنن لها .

من المتاح زيادة عمر المصباح (الشكل رقم ١- ٧) من هذا النوع عن طريق تقليل (جهد تشغيلها) فرق الجهد عليها ولكن هذا يصاحبه كثافة أعلي لتواجد اللون الأحمر والأصفر فتؤثر علي كفاءة الألوان بها وما يتبع ذلك من قلة شدة الإضاءة وكفاءتها الكلية وهما المعاملان المرتبطان بقيمة الجهد بين طرفي المصباح علي النقيض مع معامل عمر. تشغيلها ، كما أن درجة الحرارة العالية تساعد علي تقليل عمر المصباح من هذا النوع - وتتميز هذه المصابيح بالثمن الهزيل بجانب عدم الحاجة لصيانتها وسهولة تغييرها وتركيبها والأمان في التعامل معها ولا يلزمها أية ملحقات إضافية مثل المحولات أو الملفات الخانقة أو بادئ للتيار أو أي من أدوات التحكم في الجهد أو التيار وغالبا ما تنصهر الفتيلة بانتهاء عمر المصباح .

أولا : أنواع مصابيح تنجستن

تتنوع هذه المصابيح حسب الشكل الخارجي تبعا للمواصفات القياسية في أسلوب هندسي كما يلي :

النوع الأول : المصباح شكل A

هو المصباح القياسي المعروف والذي يعطي الضوء في كافة الاتجاهات ما عدا جهة التثبيت مثل المصابيح المستخدمة في المنازل .

النوع الثاني : المصباح شكل R

يصاحب هذا النوع عاكس ضوئي داخلي من الألومنيوم يعمل علي توجيه الضوء في اتجاه واحد للخارج وبذلك تكون الكفاءة الضوئية أعلي من السابق ويرتفع أيضا سعره عن سابقه ويعتمد شكل الضوء الصادر علي نمط وشكل العاكس الداخلي .

النوع الثالث : مصباح القضيب Par Lamp

يكون الغلاف الزجاجي أكثر سمكا من النوعين السابقين حيث يحتوي علي قضيب من الألومنيوم يعمل علي عكس الضوء الصادر عن الفتيلة Parabolic Aluminum Reflector وهو مكون من قطعتين من الزجاج بينما العاكس يأخذ شكل القطع الناقص كي نصل إلي تركيز أعلي وهو مثل النوع ضوء البقعة spot light

النوع الرابع : المصباح البيضاوي ER Lamp

يأخذ العاكس الشكل البيضاوي في بؤرته الداخلية الفتيلة بينما له بؤرة خارجية لتلتقي مع الأشعة المنعكسة من العاكس الداخلي (فتيلة وهمية) فتعمل علي توزيع الضوء بكثافة عالية وهي قريبة الشبه من النوع R ولذلك يقل الفقد كثيرا في هذه النوعية .

مجموعة النوع الخامس : مصابيح الديكور (مصباح F , T , G)

تستخدم هذه النوعيات في أعمال الإضاءة الخاصة فالنوع F يستخدم في أعمال الديكور والنوع T يصلح لوحدات الإضاءة الطويلة مثل التماثيل وواجهة المباني أو القصيرة المناسبة للوحات الفنية أما النوع G فهو يناسب الأشكال الكروية .

النوع السادس : مصباح عالي الكفاءة High Efficiency Incandescent

هو النوع الحديث من نوعية المصباح المتوهج ويستعمل بكفاءة في كافة الأعمال الصناعية والمعملية ويتميز بقلة استهلاك الكهرباء

ثانيا : أحجام المصابيح Size

المصابيح ذات الفتيلة يتحدد حجمها من خلال القدرة المستهلكة (watt) ومضروب الرقم ٨/١ بوصة تعني أن المصباح القياسي (100 A 19) يستهلك ١٠٠ وات وهي من نوع A ونصف قطرها (٨/١) x ١٩ = ٢,٣٧٥ بوصة . ويأتي هذا المصباح أحيانا علي شكل أسطح ناشرة تقلل من الإبهار الضوئي الناتج عن الضوء الشديد الصادر من الفتيلة حيث تطلي بسليكون أو بطبقة تشبه المطاط تقيها من التغير السريع بتأثير الحرارة وتحمي الزجاج من الشرخ ومن التفتت عند انكسارها . وتسمى هذه المصابيح ذات الأداء الشاق باسم rough duty كما توضع أحيانا فتيلة مقاومة للاهتزاز ويسمي المصباح في هذه الحالة مقاوم للاهتزازات Vibration Resistance ويمكن تصنيع هذه المصابيح عند درجات

حرارة مختلفة لأغراض التصوير كما يمكن إنتاج مصابيح خاصة تنتج كميات هائلة من الضوء تستعمل للعرض *Projection*. هناك مصابيح الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي الكبير والتي تشع حرارة يمكن توجيهها مثلما يوجه الضوء وهي ذات عمر طويل المدى فعمرها الافتراضي حوالي ٥٠٠٠ ساعة فقط ، وهناك أيضا مصابيح النمو الخاصة Grow Lampsالتي تعمل على تكبير الطيف المرئي حتى تنمو النباتات بشكل أفضل.- وهذا النوع من المصابيح له استعمالات عديدة كما يمكن تصنيعها بطرق خاصة لتخدم أغراض معينة مثل : استعمالها في مصايد الذباب والحشرات وهو استعمال خاص بالطول الموجي والطيف المرئي للضوء الناتج عن هذه المصابيح - فيركب أحيانا مرشح ضوئي Filter خاص يزيل جانبا من الطيف المرئي لسيطرة ألوان أخرى تجذب الحشرات وهناك أنواعا منها ذات مرشح للاستخدام في حالات خاصة مثل التصوير السينمائي والتحميض الفوتوغرافي .وقد بدأت هذه المصابيح بأسلوب التفريغ التام لمنع الأكسدة وترسيب البقع السوداء علي الجدار الداخلي (ظاهرة التسويد) ، إلا أنه بخلط الغازات المتباينة تحسن الأداء .

ثالثا : الملحقات Accessories

تشمل الملحقات كل ما يتعلق بالمصباح ويكون لازما للتركيب أو التشغيل ومن ثم نضع أهم هذه الملحقات علي النحو التالي :

١- الدواية Holder ومنها نوعين هما اللولبية (قلاووظ) أو مسمار تبعا لنوع المصباح ومن كل من النوعين يوجد مقننين عادي وصغير إلي جانب تلك الأنواع غير القياسية لتصميمات خاصة .

٢- العاكس Reflector وهو ما يدخل في التصميم لحساب شدة الإضاءة الكلية والتي تتضمن كلا من الضوء الأصلي بجانب ذلك المنعكس عن العاكس المستخدم ولذلك منه نوعان هما المرايا mirror وكذلك السطح المصقول glossy surface بمادة شديدة العكس للضوء ويستخدم في هذا المجال كلا من الفضة والألومنيوم حيث أصبح من المتاح معالجة هذه الأسطح لتعكس موجات ضوئية ذات طول موجي محدد وتسمى هذه النوعية باسم عاكس التزيين decor reflector فمثلا لتسليط الضوء علي لوحة فنية تتأثر من الحرارة يمكن التعامل مع عاكس لا يعكس الأشعة دون الحمراء أي يكون قادرا علي امتصاص هذه الموجة الضوئية ونكون قد تخلصنا من الضرر الناشئ عن الضوء .

٣- نظم عدسات ضوئية Lens System وهي النظم المتقدمة في مجال الإضاءة حيث تستخدم العدسات للتركيز الضوئي والحصول علي ضوء شديد سواء في بقعة أو نقطة أو علي طول مسار معين وقد ظهرت الكشافات المسرحية نتيجة لذلك ومنها مصباح الفيض الضوء flood light

الشكل رقم ١-٩

الشكل رقم ١-٨

جدير بنا أن نضع المصابيح هذه في تفصيل لكل مكوناتها كما في الشكل رقم ١ـ ٨ والذي يظهر مكوناته المختلفة وهي :

١- البصيلة الزجاجية Bulb : تصنع من الزجاج الشفاف ضد الحرارة وتأخذ أشكالا متباينة حسب الغرض من الاستعمال

٢- الغاز داخل المصباح Gas : وهو خليط من النيتروجين ١٠ %والأرجون ٩٠% للمصباح قدرة ٤٠ وات فأكثر

٣- المساند السلكية Support Wires : وهي الأسلاك المثبتة في قواعد زجاجية داخلية في البصيلة تربط مع الملف من تنجستن داخل المصباح لمنع تأثير الصدمات والاهتزازات المحتملة

٤- مركز تثبيت المساند السلكية Button : هو عامود زجاجي مقوى يثبت المساند السلكية إليه أثناء عملية التصنيع

٥- عامود زجاجي Button Rod : وهو بنهاية زجاجية بها مركز تثبيت المساند السلكية

٦- عاكس حراري Heat Reflector : وهو المستخدم في المصابيح ذات القدرات العالية لضمان دوران النقاط الساخنة ومنعها من الظهور داخل المصباح .

٧- المصهر Fuse : وهو لحماية المصباح من زيادة التيار به لأية أسباب خارجية

٨- الفتيلة Filament : وتصنع من تنجستن علي شكل ملف كهربي لرفع الكفاءة الضوئية

٩- أطراف التوصيل السلكية Lead In Wires : ولها جهتين يتم توصيل جهة مع الملف من تنجستن والجهة الأخرى مع أطراف الخروج من المصباح وفي الشكل تظهر أطراف الخروج وهي نقاط التلامس مع الدواية لتوصيل الدائرة الكهربية لها وتصنع من النحاس المطلي بالنيكل أو سبيكة منهما .

١٠- أسلاك ربط Tie Wires : وهي لازمة لربط أطراف التوصيل المعدنية معا للاهتزاز .

١١- القرص الزجاجي Stem Press : وهو ضروري لتثبيت نهايتي أطراف التوصيل السلكية إلي الخارج مع القاعدة وتصنع من سبائك لها ذات معامل التمدد الحراري لذات الزجاج .

١٢- أنبوبة الخروج Exhaust Tube : إنها من الأجزاء الأساسية حيث يخرج منه الهواء أثناء عملية التصنيع ومن خلالها تتم عملية التفريغ المطلوبة.

١٣- القاعدة Base : وهي إما قلاووظ أو مسمار وتعتبر الطرف الملامس الأول في حالة القلاووظ بينما يكون الطرف

الثاني للتلامس في منتصفها من أسفل كما هو موضح علي الرسم ويعيب هذا الطراز ارتفاع درجة الحرارة والتي نراها في الشكل رقم ١ـ٩ حيث التوزيع الحراري لوضع المصباح أفقيا أو رأسيا سواء القاعدة كانت إلي أسفل أو إلي أعلي وجميع درجات الحرارة محددة علي الرسم بالدرجة المئوية وكلها معطاة من نتائج قياسات عملية عن مصباح بقدرة ١٠٠ وات وارتفاع الحرارة يزيد من احتمالات الحرائق خصوصا مع مجاورة أي من المواد القابلة للاشتعال كما يقلل من عمر المصباح ، ويتميز هذا المصباح بما يلي :

١- لا يتأثر بدرجة حرارة الجو المحيط ٢ - سهولة التحكم في المصباح

٣- بساطة التحكم في شدة الضوء الناتج منه ٤- أمانة كاملة في نقل الألوان

كما أنه لفتيلة بطول l وقطر d ومقاومة نوعية ρ تخضع لمعادلة الاتزان الحراري التالية :

القدرة في الفتيلة = المقاومة × مربع التيار = القدرة المشعة (١-٧)

وهو ما يعني

$$e k \pi\ d\ l\,(T_1^4 - T_2^4) = 4\ \rho l I^2 / \pi\ d^2$$

$$I = \pi\ d/2\ \{e k (T_1^4 - T_2^4)/\rho\}^{1/2} \quad (1\text{-}8)$$

١-٣ : مصباح تنجستن هالوجين Tungsten Halogen Lamp

هذا النوع الأحدث من المصابيح التي تعمل بالفتيلة إلا أن كمية الحرارة المتولدة منه أكبر من النوع السابق (تنجستن) ولذلك يجب أن يتحمل جدار الأنبوبة درجات الحرارة العالية والضغط المرتفع ، وتتكونز من الزجاج به الفتيلة وبداخلها غاز خامل إضافة إلي كمية صغيرة من أحد الهالوجينات (مثل اليود أو البروم) . عندما يسري التيار في الفتيلة التي تسخن وترتفع درجة حرارتها فيبدأ تبخر تنجستن من الفتيلة المتوهجة فتتحد جزيئاته مع جزيئات الهاليد (ولنفترض اليود) مكونة يوديد تنجستن مثلا وتمنع درجة الحرارة العالية للغلاف (الأنبوبة الحاوية للفتيلة) جزيئات اليوديد من الترسب على جدران الأنبوبة فترتد إلى الفتيلة مرة أخرى ولكن بسبب الحرارة العالية جدا فإن هذه الجزيئات تتفكك مرة أخرى إلى تنجستن وهاليد حيث يترسب الهاليد على الفتيلة مرة أخرى فلا يضيع شيء من مادة تنجستن وتعرف هذه العملية باسم " دورة استرجاع تنجستن " والتي من خلالها ،من الناحية النظرية ، يتبين أن عمر المصباح لا نهائي وهذا غير صحيح بالرغم من عدم فقدان في تنجستن بينما يترسب تنجستن على محور الفتيلة خلال دورة استرجاع تنجستن بصورة غير منتظمة على كافة أجزائها حيث يزيد الترسيب علي الأجزاء الأكثر برودة منها فتنتج البقع الساخنة والمسببة في احتراق الفتيلة مع الزمن وتكرار هذا الترسيب ، ولهذا نجد أن هذه الدورة لها المزايا التالية :

١- التخلص التام من ظاهرة التسويد تلقائيا (كما هو مبين في الشكل ١-١٠) مما أدى إلي صغر حجم غلاف المصباح الزجاجي إلى ٩٠ % من حجم المصباح المتوهج له القدرة نفسها.

٢- التمكن من زيادة ضغط الغاز داخل المصباح والذي يصل إلي ٣ أمثال ضغط المصباح العادي السابق نتيجة للصلابة الميكانيكية العالية لمادة الكوارتز المستخدمة .

٣- إمكانية خلط الغازات الأخرى مع الهالوجين حيث تستخدم مادة خاملة خاصة ذات كثافة أكبر من غاز الأرجون (مثل الكربتون والزينون).

Zone 3 (A + WI2 + I2)
فتيلة تنجستن
جدار زجاجي (٢٥٠ درجة)

الشكل رقم ١-١٠ : الشكل المبسط لعملية الاسترجاع لمصباح اليود

أولا : المزايا Advantages

تتميز هذه النوعية بعدد من النقاط نحددها موجزة فيما يلي :
١- تصلح هذه المصابيح للإضاءة العالية مع الأمانة في نقل الألوان المضاءة ولذلك فهي الأفضل في الإضاءة المسرحية وأجهزة التصوير السينمائي بالإضافة إلي الكشافات المستخدمة في السيارات مثل المصابيح Flood Light كما تستخدم في إضاءة المخازن والملاعب الرياضية ووسائل نقل التلفزيون الخارجية ونراها عاملا مؤثرا في عروض الصوت والضوء بالهرم مثلا .
٢- تستهلك قدرة كهربية صغيرة لإعطاء الإضاءة العالية .
٣- زيادة عمر المصباح عن مثيله من المتوهج تنجستن فقط حيث يربو عمر هذا المصباح في المتوسط عن ٢٥٠٠ ساعة
٤- زيادة الكفاءة الضوئية بنسبة تصل إلي ٥٠ % نتيجة عدم تراكم مادة الترسيب
٥- الغاز المستخدم ذو ضغط منخفض ومقاومة لها درجة حرارة انصهار مرتفعة ذات مقاومة نوعية عالية بجانب المرونة في التشكيل والقدرة علي التغلب علي الاهتزازات نظرا لهذه المزايا والتمكن من إطالة عمر المصباح إلى ضعف عمر المصباح ذو الفتيلة (٢٠٠٠ ساعة) فقد زادت قدرته الضوئية إلى ٢١ لومن /وات مع ألوان أفضل (Good Color Rendering) ولا تزال هناك صعوبات تقنية تحول دون إنتاج مصابيح تنجستن – هالوجين لها قدرة أقل من ٣٠٠ وات لاستخدامها في الإضاءة المنزلية .

ثانيا : الاحتياطات Requirements

هناك عدد من التعليمات الهامة للتعامل مع هذا النوع من المصابيح ونفرد لها النقاط الآتية:
١- عند تعليق أو تثبيت هذا المصباح يراعى أن لا يقل التوجيه عن ±٤ ° م مع الأفق لأنه إذا كان أكبر من ذلك سيسرع بحدوث ظاهرة التسويد عن الطرف السفلي من المصباح مما يساعد في سرعة احتراق الفتيلة وقصر عمر هذا المصباح .
٢- يجب الحذر عند لمس المصباح وهو ساخن ليس بسبب الحرارة الشديدة فقط ولكن كي لا ينفجر بسبب الضغط المرتفع داخله وهو في هذه الظروف عرضة للانفجار فعلا مما يجعل شظايا الأنبوبة تتطاير ولهذا يوضع لوح زجاجي أمام هذه الأنبوبة لمنع الشظايا من التطاير عند انفجارها وأحيانا توضع الأنبوبة الأصلية داخل أخرى لمزيد من الحماية .
٣- ممنوع لمس المصباح الساخن (يسمى عادة بالشمعة) باليد المجردة الباردة ويلزم تنظيفها بمحلول خاص في هذه الحالة . ٤- يجب ألا يقل الجهد عن ٩٥ % من الجهد المقنن.
٥- يلزم ترك فراغ مناسب لسهولة التهوية حول المصباح . ٦- يجب وضع السطح (الجسم المطلوب إضاءته) أقرب ما يمكن من المصباح. ٧- يوضع المصباح علي ارتفاع لا يقل عن ٢,٥ متر من الأرض . ٨- تصنع هذه المصابيح من الزجاج الكوارتز لتتحمل الكثافة الحرارية العالية نتيجة انخفاض معامل التمدد للزجاج

ثالثا : اختيار الهالوجين Gas Choice

أنتجت ثلاث أصناف الأكثر شيوعا من هذا النوع هم :

النوع الأول : مصباح (تنجستن - يود)

عمر هذا النوع فاق ١٠٠٠ ساعة حيث درجة انصهار اليود هي ١١٣ منوية تقريبا ونقطة غليانه ١٨٣ وضغط بخاره هو ٤٩ز٣ فقط عند درجة حرارة المحيط المعتاد وهو ٢٥ °م .

النوع الثاني : مصباح البروم

هذا المصباح والمشابه له يحتاج إلي ١٥٠٠ °م ويعيبه انخفاض بعض النقاط علي الفتيلة عن الحد المطلوب وهو ١٥٠٠ منوية خصوصا وأن البروم في حالة سائلة عند ٢٥ °م ونقطتي الانصهار والغليان هما -٧,٣ و ٥٨,٢ علي التوالي وضغط البخار هو ٣٠٨٠٠ مقارنة مع السابقة وهو يقتصر علي ميزة سهولة التصنيع وبخاصية عدم امتصاص الضوء وذو كفاءة عالية كما أن دورة الاسترجاع قد تأخذ مدى أطول من ٢٠٠ حتى ١١٠٠ °م تقريبا .

النوع الثالث : مصباح الفلورين

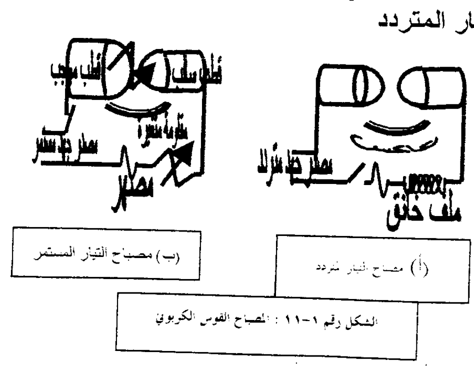
هو النوع الذي يزيد عمره الافتراضي ويتميز بتقليل البقع الساخنة علي الفتيلة ولكنه عند درجة حرارة عالية أكثر من ٤٠٠ درجة تتفاعل فيه السليكا بسرعة مما يسرع من عملية التسويد فيتسبب في تقصير عمر المصباح ، إضافة إلي أن كمية الفلورين اللازمة للتفاعل صغيرة جدا وتتراوح في حدود ٤٠ ميكرو جرام لمصباح حجمه ١ سم٣ كما أن الفلورين يهاجم أسلاك التوصيل داخل المصباح بصفة دائمة مما يؤدي إلي تآكلها زمنيا .

١-٤ : مصباح الفتيلة الكربونية Carbon Arc Lamp

تحتوي المصابيح الكربونية علي فتيلة من السليولوز بعد معالجته كيميائيا بأسلوب خاص فيتحول إلي كربون وللفتيلة شكل حلقي وتبلغ درجة حرارتها ١٨٠٠ °م وفي التوهج تتأثر ذرات الكربون فترحل من الفتيلة إلي الجدار الزجاجي الداخلي مكونة طبقة ماصة للضوء تزيد مع الزمن وهذا يزيد من مقاومة الفتيلة زمنيا فتقل شدة التيار وبالتالي شدة الضوء وهذا من أكثر العيوب فيه لكونها غير اقتصادية ، ومعدل الكفاءة هو ٣,٦ لومن / وات ويستخدم علي نطاق واسع في العديد من التطبيقات مثل فلاش الكاميرا والكشافات العارضة projectors وفي البحث عن الضوء في دوائر التحكم والأمان الكهربي ، ويظهر منه نوعان هما :

النوع الأول : مصباح قوس التيار المتردد

هذا النوع قد ورد في الشكل رقم ١-١١(أ) حيث يبين أن قطبي المصباح متماثلين بينما القوس الكهربي يحدث علي ثغرة هوائية في حدود ٣ - ٦,٥ مم ويمكن زيادة كفاءة هذا المصباح بوضع عاكس ضوئي في مواجهة الشرارة لتوجيه الضوء في الاتجاه المطلوب ويستخدم هنا ملف كابح للتيار من أجل اتزان الدائرة وتوزيع الجهد بالتماثل مع



(ب) مصباح التيار المستمر

(أ) مصباح التيار المتردد

الشكل رقم ١-١١ : المصباح القوس الكربوني

أجزاء الدائرة ، والدائرة تحتاج إلي مصهر مع المفتاح كما هو موضح علي الرسم كوسيلة للوقاية ضد زيادة التيار داخل المصباح كما يغلف المصباح غلاف زجاجي مضاد للحرارة ويكون المقتن لجهد المصباح هنا في حدود ٥٥ ـ ٥٠ ف ويستعان به في آلات العرض السينمائي .

النوع الثاني : مصباح قوس التيار المستمر (الشكل رقم ١-١١ ب)

حيث نلاحظ من الرسم أن القطب الموجب الكربوني ضعف نظيره السالب من حيث الحجم بخلاف ما كان بالنسبة للتيار المتردد لأن القطب الموجب يتآين أسرع وأكثر من السالب فيتآكل أسرع من السالب وكي يتساوى العمر فيجب أن يتضاعف حجم القطب الموجب وهو ما ينتج حوالي ٨٥ % من الضوء الكلي ، ويوضع أيضا مصهر علي خطي التغذية الكهربية بعد المفتاح لحماية المصباح من زيادة التيار عن المقتن وللمصباح غلاف زجاجي واقي من الشرارة ومحسن لأداء المصباح وتستخدم في الدائرة هنا مقاومة بدلا من الملف في حالة التيار المتردد للحفاظ علي اتزان الدائرة والتحكم فيها ويتم تغذية هذا المصباح علي ٤٠ ـ ٥٠ ف وتصل درجة حرارة القطب السالب إلي ٢٥٠٠ °م للحصول علي ضوء ٥ % بينما ترتفع حرارة القطب الموجب فوق هذا الحد وللحفاظ علي طول القوس الكهربي ثابتا يكون التحكم يدويا أو آليا حسب الأحوال .

الضوء عموما ينتج عن الأشعة المرئية حيث لكل طول موجي يوجد معامل حساسية نسبية K_λ وبالتالي تصبح الطاقة المرئية حيث طاقة الطول الموجي λ تتحدد بالقيمة E_λ لهذا الطول الموجي ولتواجد العديد من الموجات تتحدد الطاقة المرئية E_λ K_λ بالصيغة

$$E_{visual} = \int_{K_{min}}^{K_{max}} K_\lambda \ E_\lambda \ d\lambda \qquad (1\text{-}9)$$

بينما الطاقة الكلية الناتجة عن كل الموجات معروفة وهي

$$E_{total} = \int_{0}^{\infty} E_\lambda \ d\lambda \qquad (1\text{-}10)$$

وبذلك نحصل علي الكفاءة الضوئية في الصورة

$$E_{total} = \int_{K_{min}}^{K_{max}} K_\lambda \ E_\lambda \ d\lambda \ / \int_{0}^{\infty} E_\lambda \ d\lambda \qquad (1\text{-}11)$$

ونجد الضوء المطلوب قد يتبع العلاقة :

$$\text{الضوء المطلوب (لومن)} = \frac{\text{المساحة} \times \text{الكفاءة} \times \text{معامل الفقد الضوئي}}{\text{معامل الاستفادة} \times \text{معامل الاستهلاك}} \qquad (١٢\text{-}١)$$

يعبر أيضا معامل الفقد الضوئي عن التداخل الضوئي عند استخدام أكثر من مصدر ضوئي خصوصا عند تعددها وهو يعادل ١,٢٣ للتوزيع الضوئي المتجانس وقد يصل إلي ١,٥ للتوزيع غير المتجانس مثل الآثار والتماثيل التي تحتاج إلي انعكاسات وظلال علي المحاور الفراغية .

التفريـغ الغـازي GAS DISCHARGE

يعتبر الضوء الناتج عن التفريغ الغازي من خلال المرور الكهربي داخل الغاز من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربي ذاته حيث انبعاث الإلكترونات الحرة بغزارة بطاقة عالية خصوصا داخل أبخرة بعض الغازات معدنية الأصل عند الضغط المنخفض حيث تظهر الموجات الطيفية من بعض الغازات مثل النيون فيصاحبها موجات الطيف ما بعد البنفسجي بطول ٧٤٠ أنجشتروم واللون البرتقالي بطول ٥٤٠٠ وحتى ٧٠٠٠ وما يصاحبها من لون أحمر ويظهر هذا جليا في لوحات الإعلانات الضوئية ولذلك تظهر عملية اختيار الغاز المناسب من أهم العوامل المؤثرة في الضوء الناتج عن التفريغ الكهربي داخل مصابيح التفريغ الكهربي ، ويكون مناسبا تحويل الضوء غير المرئي إلي الطيف المرئي فمثلا يتحول الطيف فوق البنفسجي إلي المجال المرئي كما هو الحال مع بخار الصوديوم وهناك أسلوب آخر لتحويل الأشعة بالاستعانة ببخار الزئبق بالخلط مع مادة فلورية كمصدر للضوء .

٢-١ : خصائص التفريغ الكهربي Performance

سوف نتعامل مع العملية الهندسية للتفريغ الكهربي من حيث المبادئ العامة دون الدخول في التحليل الرياضي أو الهندسي أو الفيزيقي لأي من مراحلها حيث أن الهدف هو الإلمام بهذا الموضوع من الناحية الهندسية المطلقة ولذلك تختص هذه النقطة بعدد من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربي ونوجز أهمها علي النحو التالي :

أولا : الأشعة اللونية Colors

حيث أن التفريغ في الغازات يتم تحت ضغط منخفض جدا فيمكن خلط المعدن أو الغاز ليتفاعلا معا كي نصل إلي شدة إضاءة عالية فتواجد الصوديوم أو الزئبق مع الغاز الخامل يرفع من درجة الحرارة عند الانهيار الكهربي وهي بداية الاشتعال فيتبخر أي منهما حسب الأحوال فتظهر الذرات الكافية والتي يتم استثارتها من الإلكترونات الحرة ولذلك تكون هناك ظاهرتين هما تفاعل الغاز الخامل كبادئ للانهيار الكهربي ومعجل لحركة الإلكترونات في مسارات متعرجة فيسبب تسخين الغاز نفسه كما يضاعف من معدل التصادم الإلكتروني لزيادة الاستثارة المطلوبة داخل الغاز . إضافة إلي ما سبق نجد أن التفريغ الكهربي ينتج أشعة ضوئية ويعتمد ذلك علي المعاملات الآتية :

١- نوعية الغاز وضغط الغاز
٢- نوعية المعادن أو الغازات المساعدة
٣- حجم التفريغ وهو ما يعني مقنن أنبوبة التفريغ
٤ نوع الطلاء الموجود علي سطح أنبوبة التفريغ

جدول رقم ٢-١ : الضوء الناتج عن الغازات التي تستخدم في الإضاءة

بخار الغاز	نيون	هليوم	صوديوم	أرجون	زئبق منخفض	زئبق ضغط عالي
الضوء	أحمر Reddish	قرنفلي pinkish	أصفر برتقالي	أبيض مزرق bluish white	أزرق مخضر greenish blue	أبيض مزرق
لومن/و نظريا	١٩٨		٤٧٥		٢٤٨	٢٩٨
لومن/و عمليا	١٥ - ٤٠		٤٠ - ٥٠		١٥ - ٢٠	٢٠ - ٣٠

ولهذا يقدم الجدول رقم ٢-١ البيانات الخاصة بالألوان المصاحبة للأشعة المختلفة من بعض الغازات التي تستخدم في هذا المجال.

كما نجد أن المصابيح تتنوع تبعا للمواد الفسفورية في الطلاء وكذلك المادة الخليط مع الغاز الخامل داخل المصباح كما هو مبين في الجدول رقم ٢-٢ وفيه تأتي الأنواع المختلفة للمصباح الفلورسنت ويظهر منه أن النوع الأبيض في اللون هو الأكثر شيوعا.

جدول رقم ٢-٢ : أنواع المصابيح تبعا للمواد المستخدمة فيها

المادة الفسفورية	المادة المساعدة	نوع المصباح لونيا	اللون المميز الغالب	طول الموجات للطيف
تنجستن كالسيوم	رصاص	أزرق	أزرق	٤٤٠ نانو متر
تنجستن ماغنسيوم	-	ضوء النهار	أزرق مع بياض	٤٨٠
هالو فوسفات الكالسيوم	أنتيمون	ضوء النهار	أزرق مع بياض	٤٨٠
كبريت الزنك	منجنيز	أخضر	أخضر	٥٢٠
هولوفسفور الكالسيوم	انتيمون + منجنيز	أبيض بارد/دافئ/نهار	اصفر فاتح	٥٩٠
فلورجرمانات ماغنسيوم	منجنيز	أبيض محسن	أحمر	٦٦٠

ثانيا : الإشعال Sparking

يعتمد التفريغ الغازي علي تحويل غاز البدء من وسط عازل كهربيا (أو ضعيف التوصيل كهربيا) إلي وسط موصل جيد للكهرباء والتحول من حالة التفريغ المتوهج نتيجة ظهور جهد عالي بين قطبين بعيدين داخل الغاز إلي حالة تفريغ قوس كهربي مستمر ومستقر بين القطبين وهو ما يعني مرور تيار كهربي داخل الغاز وهي حالة إشعاعية لهذا الغاز والتي يصاحبها إشعاعا غير مرئي في الكثير من الحالات ولذلك يضاف مسحوق فسفوري علي الغلاف الزجاجي للمصباح وهو ما يتمتع بخاصية امتصاص هذا الإشعاع وإعادة بثه مرة أخري في موجات مرئية للعين المجردة . عند تسليط الجهد المناسب علي هذا الغاز ينكسر كهربيا ويعرف باسم جهد الإشعال Ignition Voltage كما يصاحب الإشعاع الضوئي هذا إشعاع آخر كهرومغناطيسي وهو ما يتغير بتغير الغاز البادئ أو المسحوق المساعد علاوة علي تأثير ضغط البخار المتولد داخل الأنبوبة ويصحب عملية التأين هنا انخفاضا في المقاومة الكهربية وتكون مقاومة سالبة الخاصيةNegative Resistance . الإشعال يمثل التحول السابق إلي أن يستقر فرق الجهد الكبير بين الطرفين ويدنو إلي قيمة صغيرة مع استقرار التفريغ الكهربي ولذلك نحتاج إلي كابح Ballast لتقليل مقننات الجهد علي المصابيح من هذا النوع ويوضع الكابح لهذا السبب علي التوالي مع المصباح وبذلك يتوزع الجهد ٢٢٠ ف بين كلا من الملف الخانق (الكابح) والمصباح ذاته ، وتقتن درجة حرارته بحوالي ١١٠ ْم ، وتكون فائدته منحصرة في ثلاث نقاط هي توزيع الجهد علي المصباح والملف وكذلك تجهيز جهد البدء لعملية الإشعال بجانب الحد من قيمة التيار والعمل علي استقراره ويعيبه خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما قد يصل إلي ٠,٣ في بعض الحالات ، وتتم هذه العملية علي مرحلتين هما :

المرحلة الأولي : عملية البدء Starting Condition

إنشاء جهد عالي بين طرفي المصباح داخل الغاز فتتولد الشرارة الكهربية بين القطبين ومن ثم تتأين الذرات داخل الوسط وهو ما يستهلك فترة زمنية قصيرة حيث أن جهد انهيار الغازات دالة تتناسب طرديا مع كلا من الضغط والمسافة بين طرفي الأقطاب داخل الغاز وهو ما يعرف باسم قانون باشن كما نستطيع خفض قيمة هذا الجهد من خلال عملية خلط الغازات وهو ما عرف باسم خليط بينينج Penning فتعطي الكسر الكهربي بالشرارة

بسرعة وفي الحقيقة فإن المرحلة الأولي هذه تستهلك عمر المصباح بسرعة جدا مقارنة مع عدد ساعات التشغيل الدائم فكلما زاد عدد مرات البدء في الإشعال كلما استهلكت مادة الطلاء

الجدول رقم ٢-٣ : تأثير عمليات البدء علي عمر المصباح

ساعات البدء (س)	١	١٠	٢٠
نسبة ساعات التشغيل المرادفة (%)	٥٠	١٥٠	٢٠٠

المعدني علي الأقطاب وبالتالي يقصر عمر المصباح وهو ما يعرف باسم البصق sputtering ، ويبين الجدول ٢-٣ العلاقة بين عمر المصباح وعمليات البدء وكيفية أن عمر المفتاح يقل كثير مع هذه العملية المستهلكة للمادة التي تبث الإلكترونات الحرة وهي معطاة لعدد ساعات البدء يوميا أو لمعدل بدء معادل لقيمة ثلاث ساعات تشغيل . يتراوح العمر المتوسط للمصباح من ٥ إلي ١٠ ك س تشغيل وهو ما يمكن أن يتبع المعادلة التقريبية

عمر المصباح (س) = ٣ × عدد مرات البدء × معامل الجهد× معامل الغاز + عدد ساعات التشغيل (٢-١)

حيث تشمل عملية الإشعاع كلا من التصادم Elastic Collision والإثارة Excitation بجانب التأين Ionization كما ينخفض ناتج الضوء مع التشغيل وكذلك مع تغير الجهد (الشكل رقم ٢-١) وتتأثر الكفاءة بدرجة الحرارة كما نراها في الشكل ٢-٢حيث يظهر للمصباح المحتوي علي زئبق خالص تكون أقصى كفاءة عند درجة ٢٠ – ٣٠ °م بينما لتلك بالزئبق الممزوج تكون عند ٣٥ – ٤٠ منوية .

الشكل رقم ٢-١ : تأثير الجهد علي كفاءة المصباح

الشكل رقم ٢-٢: تأثير الحرارة علي الضوء

المرحلة الثانية : حالة الاستقرار Stable Operation

تتمثل هذه الحالة في الانتقال من الكسر الكهربي مع الجهد العالي إلي التوصيل الكهربي بفرق جهد منخفض وتحول الدائرة الكهربية إلي حالة الاستقرار ، ويتم هنا التسخين الكهربي للأقطاب من أجل الحصول علي البث الإلكتروني المطلوب ، كما لابد وأن يتواجد القصور الذاتي في عملية التسخين هذه لاستقرار المرور الكهربي من خلال الغاز.

الشكل رقم ٢-٣ : المنظر العام

٢-٢ : المصباح الفلورسنت Fluorescent Lamp

مصباح الفلورسنت من أهم التطبيقات في مجال الإضاءة وبأسلوب التفريغ الغازي ولهذا سوف نتعرض لها بما يلي :

المحور الأول : الشكل العام للمصباح General

يتكون مصباح الفلورسنت من أنبوبة بها غاز الأرجون Argon عند ضغط منخفض وقليل من الزئبق Mercury كما هو مبين في الشكل رقم ٢-٣ ويعطي إشعاعا بنفسجيا Ultraviolet والتي تتحول إلي الطيف المرئي Visible Light باستخدام المسحوق المطلي علي الجدار الداخلي من المصباح ويظهر حول الفتيلة (الكاثود) - والمصنوعة من مادة تنجستن مطلية بمادة

إشعاعية emitting - واقي معدني يعمل علي تقليل البقع السوداء كي تترسب عليها بجلا من الجدران إضافة إلي أنها تقلل من تواجد الرعشة الضوئية Flicker وهو ما يأتي نتيجة قلة القدرة المنبع الفسفوري مع الذبذبة المتناسبة مع الجهد وهي التي تطلى بها الجدران الداخلية للمصباح من نوع الفلورسنت، وتتواجد كتلة صغيرة من الزئبق داخل الغلاف للمساعدة علي عملية الإشعال . يلعب الملف الخانق دورا أساسيا في جهد البدء فيرفع قيمته إلي حد انهيار الغاز كهربيا كما يعطي الجدول رقم ٢-٤ بيانا تقريبيا بالنسبة المئوية من الموجات المرئية الصادرة عن المصباح إلي تلك من ضوء النهار المعتاد وكذلك نسبة تواجد هذه الموجات في المصباح الفلورسنت ، كما أن ظاهرة الارتعاش تعتمد علي التغير المستمر في قدر الطاقة فوق البنفسجية الصادرة عن المصباح وهي التي تقل مع التشغيل المستمر فتظهر حالة الارتعاش الضوئي ، ويظهر من الجدول أن نسبة تواجد الضوء البرتقالي والأصفر والأخضر المائل إلي الاصفرار بجانب الأزرق عالية وتزيد جدا وهو ما يغلب علي ألوان المصباح نسبة إلي ضوء النهار بينما تتواجد هذه الأشعة بنسبة عالية داخل المصباح أيضا . وهناك مصابيح يتم توصيلها علي التوالي ولكن بأسلوب معين حفاظا علي الصفات الخاصة بالتشغيل لكل مصباح علي حدة .

نوعيات اللون المتولدة من المصباح الفلورسنت وهي التي يتم تصنيفها كما جاء في الجدول ٢-٤ والذي يجدول المادة التي تنتج هذا اللون ويتنوع اللون الأبيض إلي: (ضوء النهار ٥٥ (١٠٠٠ لوكس) – أبيض دافئ ٢٩ (١٠ لوكس) وهو مناسب للطرق - ابيض ٣٣ (مناسب للمدارس والمصانع والرسم) – أبيض ديو لوكس ٣٤ (مناسب للأسواق) – أبيض ديو لوكس دافئ ٣٢ (مناسب للمحلات والمطاعم والفنادق) .

الجدول رقم ٢-٤ : النسبة المئوية للأشعة الضوئية الصادرة عن مصباح الفلورسنت العادي

الأشعة اللونية	المسحوق المسبب	نسبة الأشعة داخل المصباح	نسبة هذه الأشعة إلي مثيلها من ضوء النهار	نسبة من الضوء المرئي للنهار
أحمر داكن	بورات الكادميوم	٥٫٤٨	٥٣٫٣	٥٫١
أحمر	بورات الكادميوم	٩٫٥٨	٨٢٫٣	٨٫٩
برتقالي	سليكات كادميوم	١٢٫٣٣	١٠٥٫٨	١١٫٥
أصفر	سليكات بيريليوم الزنك	١٣٫٠٢	١٠٥٫٥	١٢٫١
أخضر مصفر	سليكات الزنك	١٣٫٧	١٠٥٫٢	١٢٫٧
أخضر	سليكات الزنك	١٠٫٩٦	٨٠	١٠٫٢
أزرق مخضر	تنجستن الكالسيوم	١٢٫٣٣	٨٥٫٧	١١٫٥
أزرق	تنجستن الماغنسيوم	١٥٫٧٥	١٢١	١٤٫٦
بنفسجي		٦٫٨٥	٩٠٫٩	٦٫٤

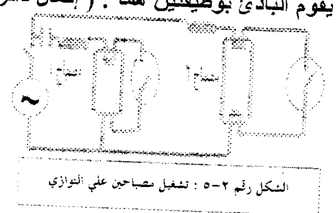
لذلك نجد المصباح قد يأخذ المسمى باللون والحرارة فنجد مصباح بارد أي أن الفتيلة لا تسخن كثيرا ودرجة الحرارة منخفضة وهناك الدافئ وهو أبيض اللون وكفاءته عالية مع انخفاض في مستوى تحديد الألوان بدقة . عند تشغيل المصباح تظهر دائرتين فتظهر دائرة البدء (الدائرة الأولي) حيث يمر التيار من المنبع إلي الملف إلي الفتيلة ولكنه لا يستطيع المرور داخل المصباح ويجد أمامه الطريق السهل

الشكل رقم ٢-٤

من خلال البادئ وهو السلك المغلق كهربيا فيمر فيه ويعود إلي المنبع مباشرة دون المرور بالمصباح . أما الدائرة الثانية (دائرة التشغيل) فهي بعد مرور التيار في دائرة البدء يسخن البادئ فيفصل طرفيه فاتحا الدائرة محدثا جهدا عاليا فجائيا مما يسبب انهيار الغاز كهربيا داخل المصباح فيمر التيار وبذلك تظهر دائرة التشغيل حيث يمر التيار من المنبع إلي الملف فالغاز بالمصباح لأنه توقف عن المرور في البادئ لفتح دائرته ومن ثم يكمل المشوار عودة إلي المنبع مباشرة (الشكل رقم ٢-٤) . كما يمكن تشغيل المصابيح علي التوازي ففي الشكل ٢-٥ نجد أن المصباح الأول متقدم بالتيار بسبب تواجد مكثف في دائرته وعادة يكون ٣,٨ ميكرو فاراد بينما الثاني متأخرا لعدم وجود مكثف مما يساعد علي سرعة البدء وهنا المتاح واحدا لهما.

المحور الثاني : بادئ الإشعال Ignition Starter

يقوم البادئ بوظيفتين هما : (إكمال دائرة التسخين والبداية في عملية الإشعال و فتح الدائرة بعد الإشعال لدائرة التشغيل المستقرة) ومنه نوعان هما : (النوع المتوهج Glow Type) وهو الأكثر شيوعا ويتكون من أنبوبة بها خليط من غاز الهيليوم والهيدروجين أو الأرجون أو النيون عند ضغط منخفض ويتصل طرفي البادئ مع شريحة المعدن المزدوج ، أما النوع الثاني فهو (الحراري Thermal Type) والذي يتم الاستعانة به في النوعيات المتقدمة من المصباح ، كما يمكن تقسيم المصابيح تبعا لدائرة البدء كما يلي :



الشكل رقم ٢-٥ : تشغيل مصباحين علي التوازي

الشكل رقم ٢-٦: دائرة تسخين متقدم

النوع الأول : مصباح ذو تسخين متقدم Preheat switch start

يتم التسخين مسبقا قبل بدء التشغيل كما في الشكل رقم ٢-٦ حيث يعتمد الأسلوب في البدء علي شكل البادئ فهو يتكون من أنبوبة زجاجية صغيرة بداخلها غاز خامل (النيون أو الأرجون) وبداخلها طرفي تلامس أحدهما ثابت والآخر متحرك بتأثير الحرارة لأنه مثبت في طرف شريحة ثنائية المعدن وهو يحتاج إلي بادئ خاص فمثلا مع قفل المفتاح الكهربي لتشغيل المصباح يظهر جهد الخط بين طرفي التلامس فيحدث توهج داخل الأنبوبة مثل نظرية التفريغ الغازي تماما فتسخن بالتالي الشريحة ثنائية المعدن فتتمدد وتفتح الدائرة بين طرفي التلامس داخل البادئ مع وجود الملف الخانق فيظهر فارق الجهد العالي بين فتيلتي المصباح وتنتقل الدائرة إلي حالة الاستقرار ، ويتم تركيب مكثف علي طرفي البادئ بمقدار ٠,٠٠٦ ميكرو فاراد عادة لمنع تداخل الإشارات المتراسلة مثل اللاسلكي والأجهزة الإلكترونية عموما حيث يتم التخلص من التداخل بطريقتين هما : الإشعاع المباشر من المصباح إلي الهوائي وفيه نتحكم في الإشعاع بإبعاد الهوائي بما لا يقل عن مترين والاوجب تركيب تأريض للأسلاك والأجهزة الإلكترونية عموما . أو عن طريق خط التغذية الخلفية للمصباح .

يعمل الملف الخانق هنا علي رفع الجهد إلي الحد اللازم لإشعال الغاز كهربيا داخل الأنبوبة الفلورسنت ويعيبه إنتاج الضوضاء (بالرغم من تقليلها بشدة في التصميمات الحديثة) وخفض معامل القدرة في الدائرة بشكل ملحوظ فيزيد من التكلفة الكلية لاستهلاك الطاقة علاوة علي أن الكفاءة الضوئية للمصباح الفلورسنت تعادل ثلاث أمثال كفاءة المصباح المتوهج بذات القدرة الكهربية المستهلكة .

النوع الثاني : مصباح سريع البدء Rapid Start

هذا النوع لا يحتاج إلي بادئ (الشكل رقم ٢-٧) حيث نري مساعد البدء والمكون من شريط موصل بطول المصباح ويركب بجواره ويتصل بالأرض ويتحدد بعد الشريط عن المصباح بقيمة التيار المقنن للمصباح فمثلا للتيار ٥٠٠ ملي أمبير وأقل يكون البعد ١٨ مم بينما للتيار الأكبر يكون البعد ٢٥ مم وهذا الشريط يرفع المجال الكهرومغناطيسي بين قطبي المصباح فيساعد في عملية الإشعال ولكنه يجب ألا يتواجد مثل هذا النوع في الأماكن ذات الرطوبة العالية أو يتم التعامل مع النوعيات ذات الطلاء مضاد للرطوبة وغير قابل للبلل ، كما يستعان بمحول خصيصا لهذا الغرض إضافة إلي الملف الخانق المعتاد .

الشكل رقم ٢-٧ : دائرة البدء السريع

النوع الثالث : مصباح فوري البدء Instant Starting

إنه نوع خاص لا يحتاج إلي بادئ ولا يطلب فيه تجهيز أو تسخين وتكون فيه الفتيلة ذات قطب مفرد بطرف واحد وتعمل الدائرة الكهربية بمجرد توصيل المفتاح وتعطي جهدا عاليا يكسر العزل الكهربي للغاز ويم نزول الجهد إلي الحد المقرر فورا حيث يتم التحكم في هذا من خلال محول ذاتي خاص كما نراه في الشكل رقم ٢-٨ وهو ما يجعله مصنعا كوحدة متكاملة وغير مجزأة كما هو الحال بالنسبة للأنواع العادية كما أن مقنناتها قد تختلف عن العادية.

الشكل رقم ٢-٨: دائرة بدء فورية

بعد استعراض هذه النوعيات المتباينة من مصباح الفلورسنت نجد المواصفات الجوهرية لبعض منها وهي ما تعتمد علي شكل أنبوبة المصباح فمنها المستقيمة طوليا أو تلك علي شكل حرف U أو تلك الدائرية وكلها أشكال متداولة في الأسواق وتعمل بنجاح ولذلك نجد في الجدول رقم ٢-٥ هذه الأشكال بمقنناتها العديدة والتي يتم تداولها .

المحور الثالث : المصابيح الفلورسنت المحسنة Improved Lamps

تعتمد عملية ظهور الأشعة الضوئية علي عدد من العوامل منها مادة الطلاء المعدني علي الأقطاب والغاز والمخلوط معه والمادة الفسفورية علي الجدران والضغط عليه والجهد والدائرة الكهربية وخصائصها ومن هنا ظهرت بعض الأنواع ذات القدرات الأعلي في إنتاج الضوء علي النحو التالي:

النوع الأول : المصباح ذو التردد العالي High Frequency Lamp

دخل هذا النوع في المجال التنفيذي وظهرت منها مصابيح علي شكل الحرف U ذات قطر أصغر وقد تم تطوير مادة الطلاء الداخلي للغلاف ذات صفات أفضل ، كما تم التغلب علي القدرة الضونية الناتجة عن طريق دخول الملف الإلكتروني Electronic Control Gear والذي يقوم بتحويل التردد العادي (٥٠ هيرتز) إلي آخر عالي حول٢٠ – ٣٠ kHz ، ومن مزاياه :

١ - أقل وميضا عند التشغيل ٢- انعدام الرعشة الضونية Flickering حيث أنها تظهر بتردد مضاعف لتردد المصدر الكهربي عندما يقل المسحوق الداخلي بالأنبوبة ، وهو ما يمكن القضاء عليه في المصباح العادي من خلال ثلاث طرق مختلفة هي :

أ) استخدام مجموعات ثلاثية من المصابيح Triple Lamp Group: تعتمد هنا طريقة التوصيل بأن يوصل كل مصباح علي أحد الأوجه فتكون الزاوية ١٢٠ بين كل مصباح والآخر فتقل ظاهرة الرعشة الضونية بحدة

(ب) استخدام دائرة مزدوجة من المصابيح Double Lamp Group

الجدول رقم ٢-٥ : مواصفات جوهرية للمصباح الفلورسنت القياسي

شكل أنبوبة المصباح	قدرة (بدون ملف خانق/به) ،وات	الفيض الأقصى (لومن)	الكفاءة (لو/وات)
مستقيمة	١٠ / ٤	١٢٠	١٢
	١٢ / ٦	٢٤٠-٢٢٠	٢٠-١٨
	١٤ / ٨	٣٥٠-٣١٠	٢٥-٢٢
	١٤ / ١٠	٤٨٠-٤٦٠	٣٤-٣٣
	١٩ / ١٣	٦٥٠-٥٠٠	٣٤-٢٦
	١٩,٥ / ١٥	٦٠٠-٥٨٠	٣١-٣٠
	٢١ / ١٦	٩٠٠-٧٥٠	٤٣-٣٦
	٢٥ / ٢٠	١٢٣٠-٨٠٠	٤٩-٢٨
	٣٢ / ٢٥	١٧٢٠-١١٥٠	٥٤-٣٦
	٣٩ / ٣٠	١٩٠٠-١٥٠٠	٤٩-٣٨
	٥١ / ٤٠	٢٦٠٠-١٧٥٠	٥١-٢٨
	٧٨ / ٦٥	٤٨٠٠-٢٦٠٠	٦٢-٣٣
حرف U	٢١ / ١٦	٩٢٠-٧٢٠	٤٤-٣٤
	٢٥ / ٢٠	١٠٠٠-٨٣٠	٤٠-٣٣
	٥٠ / ٤٠	٢٧٠٠-١٨٥٠	٥٤-٣٧
	٧٨ / ٦٥	٤٠٥٠-٣٣٠٠	٥٢-٤٢
دائرية	٢٧ / ٢٢	١١٠٠-٩٨٠	٤١-٣٦
	٤٢ / ٣٢	١٩٠٠-١٥٠٠	٤٥-٣٦
	٥٠ / ٤٠	٢٧٠٠-٢١٥٠	٥٤-٤٣

هذا يعني تشغيل المصباحين علي التوازي حيث يتم توصيل مكثف تقديم في دائرة مصباح واحد منهما وبالتالي تظهر زاوية فرق بين المصباحين (الشكل رقم ٢-٥)

(ج) تشغيل المصباح بالتردد العالي HF Lamp

هو نوع المصباح الحالي والذي يتميز به عن المصباح الفلورسنت العادي .

٣- قلة الضوضاء ٤- فورية البدء ٥- الكفاءة أعلي ٦- أقل استهلاكا للطاقة الكهربية

٧- الفقد الحراري بسيط جدا ٨- تكاليف الصيانة منعدمة

٩- انعدام الوميض أثناء عدم التشغيل وهو من العيوب التي كانت تخص المصباح العادي

١٠- الإشعاع الحراري أقل بكثير فيساعد علي تقليل الحاجة إلي أجهزة التكييف

١١- عمرها الافتراضي طويل مقارنة مع مصباح الفلورسنت العادي

النوع الثاني : المصباح ذو الضغط العالي High Pressure Lamp

تظهر هذه النوعية بالصغر وقد وصل طولها إلي ٢٠ سم مع الخانق والمكثف وتتميز بما يلي :

١- تستهلك ربع الطاقة المعادلة تقريبا (الجدول رقم ٢-٦) للمصباح الفلورسنت العادي حيث نجد أنها لا تتعدى ٢٥ % من القدرة اللازمة للمصباح المماثل

٢- العمر يصل ١٥ ضعف الفلورسنت العادي ٣- سهلة التركيب ٤- لا تحتاج إلي صيانة

الجدول رقم ٢-٦ : مقارنة استهلاك المصابيح بالوات للنوع العادي والمضغوط

النوع المضغوط	الفلورسنت العادي	توفير الطاقة (%)
٩	٤٠	٢٢,٥
١٣	٦٠	٢١,٦
١٨	٧٥	٢٤
٢٣	١٠٠	٢٣

وتحتاج هذه النوعية من المصابيح إلي بعض التعليمات الهامة وهي :

١- عدم كسر الغلاف لأن داخله الضغط عالي ولا يمكن إلقائها بعد انتهاء عمرها مثلا

٢- لا يجوز تفكيك الغلاف أو المصباح أو تعديلها

٣- لا يجوز لمس الغلاف عند التركيب ويفضل التعامل بماسك Holder أو جهاز التركيب اليدوي Edison Screw Holder

٤- ممنوع إدخالها في دوائر الضبط الضوني المسرحي Dimmer systems أو في التشغيل الآلي

٥- لا يجوز زيادة الجهد عليها عن المقنن حتى لا يقصر عمر تشغيلها بشدة

٦- يجب تقليل عمليات البدء بقدر الإمكان خصوصا وأن فترة البدء طويلة قد تصل إلي الدقيقة بينما المصباح فلورسنت عادي يستغرق من ثانية إلي ثلاث فقط

٧- عدم تركيبها في المواقع المائية والتي بها نسبة الرطوبة مرتفعة

٨- يفضل استخدامها بعيدا عن الأجهزة الإلكترونية (مثل المذياع والتلفزيون وأجهزة اللاسلكي) منعا للتداخل بينهما

٩- تعمل المصابيح هذه بكفاءة ولها الحماية الخاصة بها (مصهر داخلي مثل مصباح التوهج)

١٠- يجب ألا تتعدى درجة الحرارة المحيطة عن ٧٥ ° م

يعطي الجدول رقم ٢-٧ مقارنة عامة بين المصباح المتوهج العادي (ذو الفتيلة تنجستن) وبين مصباح الفلورسنت العادي .

الجدول رقم ٢-٧ : مقارنة بين خصائص مصباح الفلورسنت مع مصباح التوهج (فتيلة تنجستن)

خصائص مصباح التوهج	خصائص مصباح فلورسنت
الضوء تقريبا طبيعي	الضوء غير طبيعي ولكن هناك بعض الأنواع تقترب منه
تمييز ألوان كامل	عدم القدرة علي تمييز الألوان
تكاليف أولية قليلة	تكاليف أولية مرتفعة
عمر المصباح ٧٠٠ ساعة	عمر المصباح ٤٠٠٠ ساعة
تكاليف الصيانة والتشغيل مرتفعة	تكاليف الصيانة والتشغيل قليلة
لها نصوع عالي	لها نصوع بارد وهادئ
تقل الإضاءة بالتقادم الزمني	يقل الضوء بالتقادم الزمني
كفاءة ضوئية ضعيفة	كفاءة ضوئية عالية
الفقد الداخلي مرتفع	يتأثر بدرجة الحرارة
الضوء ثابت تماما	الضوء قابل للارتعاش
تنخفض شدة الضوء بشدة مع هبوط الجهد	عملية البدء ذات تأثير كبير علي عمر المصباح

كما أن المقتن يتباين بين النوعين وذلك من أجل تحديد الظروف المناسبة لكل منهما فنجد في الجدول رقم ٢-٨ مقارنة بسيطة بين النوعين .

الجدول رقم ٢-٨ : مقتن مصباحي التوهج والفلورسنت

مصباح التوهج			مصباح الفلورسنت		
نوع المصباح	الكفاءة (لومن/وات)	النصوع (cd/m2)	نوع المصباح	الكفاءة (لومن/وات)	النصوع (cd/m2)
فتيلة كربون	٣	٥٢	بكابح تيار	٥٩ ٣٩ ٦٢ ٥٠	٠,٧ ٠,٤٥ ٠,٧٥ ٠,٥٥
فتيلة تنجستن	١٠ ٢٠ ٢٥ ١٤	٧٠ ٢٠٠ ٢٤٠٠ ١٢-٣	بدون كابح تيار	٧٧ ٤٩ ٨٠ ٦٥	٠,٧ ٠,٤٥ ٠,٧٥ ٠,٥٥

يبين من هذه القراءات أن المصباح فلورسنت النوع يزيد في كفاءته كثيرا عن مصباح الفتيلة وكذلك يزيد عمر مصباح الفلورسنت عن الآخر بكثير بالرغم من التكلفة العالية الأولية لمصباح الفلورسنت إلا أنه الأفضل في بقية الخصائص .

النوع الثالث : النوع الموفر للطاقة

دخل مصباح الفلورسنت في التطوير لقدمه في الميدان التطبيقي وظهر منه أنواعا عديدة موفرة للطاقة ونرى في الجدول رقم٢-٩ حصرا بسيطا لبعض هذه الأنواع المتداولة في الأسواق خصوصا وأنها تتميز بالآتي:

١- القطر أقل من النوع العادي ٢- تسمح بتخزين أكبر عددا لصغر قطرها وبالتالي حجمها
٣- لا تختلف في التركيب وأسلوبه عن النوع العادي ٤- توفر الطاقة بنسبة ١٠ – ١٥ %
٥- تأخذ أشكالا متباينة فتسمح بإضفاء لمسة جمالية علي المصابيح ٦- لا تتأثر بدرجة الحرارة
٧- يزيد عمرها الافتراضي عن العادي ويصل ٧٠٠٠ ساعة

الجدول رقم ٢-٩ : بيان ببعض أنواع مصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة

القدرة (و)	شكل الأنبوبة	الإضاءة (لومن)	طول أنبوبة (سم)	قطر(مم)	درجة اللون
١٨	طولية	١١٥٠ /١٠٢٠	٦٠	٢٦	نهار/أبيض
٢٠	حرف U	٩٥٠	٣١	٣٨	أبيض عادي
٢٠	طولية	١١٥٠/١٠٢٠	٦٠	٣٨	نهار/أبيض
٢٢	دائرية	١٠٠٠/١٣٥٠	٢١,٦ ϕ	٢٩	أبيض بارد/عادي
٣٢	دائرية	٢٠٠٠/١٧٠٠/٢٠٥٠	٣٠,٧ ϕ	٣٠	أبيض بارد /عادي / دافئ
٣٦	طولية	٣٠٠٠/٢٥٠٠	١٢٠	٢٦	نهار/أبيض
٤٠	دائرية	٢٨٠٠/٢٣٠٠/٢٩٠٠	٤٠,٩ϕ	٣٠	أبيض بارد /عادي / دافئ
٤٠	حرف U	٢٨٠٠:٢٧٠٠	٦٠,٧-٥٧	٣٨	أبيض بارد /عادي / دافئ
٤٠	طولية	٣٠٠٠/٢٥٠٠	١٢٠	٣٨	نهار/أبيض
٥٨	طولية	٤٨٠٠/٤٠٠٠	١٥٠	٢٦	نهار/أبيض
٦٥	طولية	٤٨٠٠/٤٠٠٠	١٥٠	٣٨	نهار/أبيض
٦٥	حرف U	٤٥٠٠/٣٤٠٠	٧٦,٥-٥٧	٣٨	أبيض بارد /عادي / دافئ

النوع الرابع : المصابيح المدمجة

تأتي أيضا المصابيح المدمجة بصفة صغر الحجم الشديد وهي تعمل بكابح إلكتروني أو ذلك التقليدي كما جاء في الجداول السابقة وتتصف بالضغط المنخفض وهي موفرة للطاقة المستهلكة لنفس القيمة الضوئية والكابح قد يكون عاملا بالتيار المغناطيسي ويمتاز بما يلي:

١- توفير الطاقة ٢- تجانس توزيع الإضاءة ٣- ذات دليل ممتاز في تمييز الألوان ٤- يرتفع عمر المصباح بشدة ٥- ينتج بقدرات منخفضة (الجدول ٢-١٠) فيعطي مجالا أكبر للاستخدام . ٦- أمانة نقل الألوان لأنها تصدر اللون الأبيض مما يزيد من رقعة استخدامها .

الجدول رقم ٢-١٠ : بيانات مصباح فلورسنت مدمج (ديلوكس)

قدرة (و)	تيار بدء (ملي أ)	تيار مقتن (ملي أ)	كفاءة (لومن/و)	فيض (لومن)
٥	٤٥	٢٠٠	٥٠	٢٥٠
٧	٧٥	٣٥٠	٥٧	٤٠٠
١١	١٠٥	٤٥٠	٦٦	٦٠٠
١٥	١٣٠	٥٠٠	٨٢	٩٠٠
٢٠	١٧٠	٦٠٠	٦٠	١٢٠٠
٢٣	١٩٠	٦٥٠	٦٥	١٥٠٠

وعند استخدام الكابح الإلكتروني تزيد الصفات المميزة ويضاف لها ما يلي :

١- ثبات الضوء ٢- زيادة عمر المصباح إلي ١٠٠٠٠ ساعة تشغيل ٣- التخلص من مشاكل البدء في الإشعال ٤- عدم ارتفاع درجة الحرارة

المحور الرابع : الأعطال الأساسية Basic Faults

الجدول رقم ٢-١١ : المواصفات الفنية الأساسية للمصباح الفلورسنت

نوع المصباح	قدرة دائرته (و)	كفاءة الإضاءة (لومن/و)	شدة الضوء الأقصى (ك. لومن)	عمر المصباح (ألف ساعة)
سريع البدء	٤٠	٧٠-٦٣	٢,٨-٢,٥	١٦ _ ١٢
عالي الكفاءة	٦٠	٧٢-٦٠	٤,٣-٣,٦	١٢
	١١٥	٥٩-٤٣	٦,٨-٥,٦	١٢-١٠
موفر للطاقة	٣٦-٣٤	٨٣-٦٩	٣-٢,٥	١٢
	٩٢	٦٥-٥٤	٦-٥	١٢-١٠

تتحدد المواصفات الفنية للمصباح بعدد من العوامل يأتي علي رأسها عمر المصباح وهو زمن تشغيل المصباح بالساعة وكفاءة المصباح ضوئيا بوحدات اللومن / وات وشدة الضوء الأقصى وهو ما يظهر في بداية التشغيل لأول مرة ولكن بعد مرور ١٠٠ ساعة لاستقرار الأداء ويعطي هذه البيانات الجدول رقم ٢-١١ لعدد من تلك المصابيح الخاصة والعادية وهي محددة للمصباح ذو الطول القياسي ١٢٠ سم وهي كلها مقتنات قياسية وواردة في العديد من المواصفات الدولية والمحلية ومن خلال هذه البيانات نستطيع التعرف علي الأعطال بسهولة وهو الهدف من وضع هذه البيانات الآن .

الجدول رقم ٢-١٢ : بيان بأهم الأعطال في دائرة مصباح الفلورسنت

نوع العطل	السبب المحتمل	العلاج
لا يضئ المصباح عند قفل مفتاح الدائرة	١-عدم وجود مصدر تغذية ٢- انقطاع المصدر ٣- انفصال مفتاح التغذية ٤- قطع في الفتيلة ٥- البادئ لا يعمل ٦- قطع في البادئ ٧- قطع في أطراف التوصيل بالدائرة ٨- أطراف الملف مقطوعة	١- التأكد من سلامة المصدر ٢- تغيير بادئ التشغيل ٣- تغيير المصباح ٤- التأكد من سلامة التوصيل في الدائرة
بداية تشغيل بطيئة	المصباح قديم	تغيير المصباح
توهج الفتيلة والمصباح لا يضئ	١- تلامس طرفي البادئ ٢- جهد منخفض	١- تغيير البادئ ٢- قياس جهد المنبع
احتراق الفتيلة عند البدء	احتراق الملف الخانق	تغيير الملف
قصر عمر المصباح تكراريا	ارتفاع جهد المصدر	التأكد من قيمة الجهد ووضع منظم للجهد
رعشة ضوئية بسيطة	عمر تشغيل طويل	تغيير المصباح
الضوء متحرك في المصباح	المصباح جديد	الانتظار فترة تشغيل أطول حتي الاستقرار
الرعشة الضوئية عند الفصل أو التوصيل	١- ظهور بقع سوداء ٢- عمرا لمصباح انتهى ٣- انخفاض جهد المنبع ٤- عيب في البادئ ٥- ربط وصلات غيرجيد	١- تغيير المصباح بعد الكشف عليه ٢- التأكد من قيمة الجهد ٣- الكشف علي البادئ وتغييره إذا لزم الأمر ٤- مراجعة التوصيل الجيد بالدائرة

ومن الخبرة العملية الطويلة وما تجمع من أعطال في الكتب والمراجع والكتالوجات نجد الجدول رقم ٢-١٢ يعطي حصرا لأهم الأعطال في دوائر المصباح الفلورسنت مجدولا للأسباب وكيفية التعامل معها ونظرا لأن هذه المصابيح بسيطة فالتعامل معها سهل

الشكل رقم ٢-٩

المحور الخامس : مصباح التيار المستمر D C Lamp

يمكن لمصباح الفلورسنت العمل علي الجهد الثابت (غير المتردد) إذا ما تمكنا من كسر العزل الكهربي بين الفتيلتين عند طرفي المصباح في وجود جهد بسيط كاف علي طرفي المصباح وهو ما يمكن أن يتم من خلال مقاومة (لها قيمة مقتنة تبعا لقدرة المصباح كما هو مجدول في الجدول رقم ٢-١٣) ، وتدخل الدائرة علي التوالي لتقلل الجهد هذا ولكنها تستهلك الطاقة ويعطي الشكل رقم ٢- ٩ الدائرة الكهربية لمثل هذا المصباح وكيفية الأداء ، ففيه نجد أن الكفاءة الضوئية سوف تقل عن مثيله من العامل علي التيار المتردد إلي النصف نتيجة استهلاك الطاقة المماثلة في المقاومة التي تدخل في الدائرة علي التوالي.

الجدول رقم ٢-١٣ : المقاومة المقتنة للمصباح العامل علي الجهد المستمر

طول أنبوبة	١٢٠ سم			٦٠ سم		
مقتن المصباح	٨٠ وات	٤٠ وات	٣٠ وات	٤٠ وات	٢٠ وات	١٥ و
٢٠٠ ف	١٠٣	٢٠٨	٢٦٤	١١٦	١٨٢	٢٣٥
٢١٠	١١٦	٢٣٥	٢٩٣	١٢٨	٢٠٨	٢٦٤
٢٢٠	١٢٣	٢٦٤	٣٣٠	١٤٧	٢٣٥	٢٩٣
٢٣٠	١٤٧	٢٩٣	٣٨٠	١٤٧	٢٦٤	٣٣٠
٢٤٠	١٦٦	٣٣٠	٤٢٠	١٦٦	٢٩٣	٣٨٠
٢٥٠	١٦٦	٣٣٠	٤٢٠	١٦٦	٣٣٠	٣٨٠

كما يحدث تسويد للمصباح بالقرب من الكاثود ولهذا السبب يوضع مفتاح عاكس الاتجاه
كي تعمل الفتيلة كقطب موجب مرة ثم كقطب سالب مرة أخرى كي تتساوى كمية الانبعاث
الإلكتروني منها علي جانبي المصباح فتستهلك الفتيلة بالتساوي ويكون هذا أطول عمر
ممكن للمصباح ، إضافة إلي أن البادئ من النوع الحراري Thermal Starter وتتأثر
هذه المصابيح بدرجة الحرارة أيضا ولذلك توضع
في جراب صناعي Acrylic Sheath حفاظا
علي حرارة المصباح وهو ما يظهر فعالا عندما
تقترب الفتيلة من الانتهاء .نلاحظ أن المقاومة
تقلل التيار إلي ما دون الأمبير حتى تحمي الفتيلة
من الاحتراق والمكثف في الدائرة لمنع التداخل مع
الإشارات اللاسلكية والشوشرة الضوضائية ويوجد مفتاح مغير أطراف التوصيل كي يعطي
القطب الموجب للفتيلة في أعلي المصباح مرة وللأخرى المرة الثانية وهكذا . يعتبر هذا
النوع من أنسب الأنواع لوسائل النقل المتحركة والتي تعمل بالتيار المستمر مثل المترو
والترام والقطارات المكهربة أو تلك التي تدار بمحركات الديزل مثل المركبات عموما بجانب
الدراجات بأنواعها المختلفة .

الشكل رقم ٢-١٠ : دائرة المصباح محسن P. F.

المحور السادس : تحسين معامل القدرة Improvement of Power Factor

يعيب مصباح الفلورسنت خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما يؤثر بشدة علي إمكانية
استغلال القدرة كلها أي ضياع قدر كبير منها خصوصا وأن معامل القدرة قد يصل إلي ٠,٤
أو ٠,٣ أحيانا ومن ثم نحتاج إلي تعديل أو تحسين هذا المعامل وهناك عددا من السبل
للتوصل إلي ذلك ومنها :

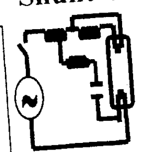
الطريقة الأولي : توصيل المكثف توالي Series Condenser

أن الدائرة بها ملف فتكون دائرة تأخير وهو ما
يتمكن التغلب عليه بإدخال مكثف بالدائرة وهو إما
أن يتم تركيبه بالدائرة علي التوالي (الشكل ٢-١٠
) فيعوض قيمة الحث من الملف ويتميز المكثف هنا
بأن الجهد عليه صغيرا فيكون سعره أقل بينما يمر
فيه التيار المار بالمصباح .ولا يجوز السماح بقيمة المكثف كي تحدث رنين .

الشكل رقم ٢-١١ : مكثف توازي محسن P.F.

الطريقة الثانية : توصيل مكثف توازي Shunt Condenser

يركب المكثف علي التوازي فيعوض التيار الكلي الداخل
إلي الدائرة ونري في الشكل رقم ٢- ١١ أحد هذه الدوائر
والتي تعتمد علي المكثف وهي من الدوائر الأساسية
والأكثر تطبيقا مقارنة مع مكثفات التوالي لأن الجهد ثابتا
ويمكن الاستعانة بمكثفات متواجدة لتطبيقات أخري وليس
لمصباح الفلورسنت فقط ويمر التيار هنا تبعا للجهد وهو ٢٢٠ فولت ويصبح المكثف مقنن



الشكل رقم ٢-١٢ : دائرة شبه

في المتداول فعلا ، ويجدول الجدول رقم ٢- ١٤ أهم المقتنات لمكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت.

الجدول رقم ٢- ١٤ : مقتنات مكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت.

قدرة المصباح (W)	١٠	١٦	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٦٥
سعة مكثف توازي (µF)			٣			٤,٥	٧
سعة مكثف رنين VAR)	٣٠	٤٠	٨٠	٥٥	٧٠	٧٠	١١٠

ويمكن هنا تركيب مكثف واحد لمجموعة من المصابيح علي منبع واحد فتوفر في عددهم وفي استهلاكهم أيضا وفي بعض الأحوال تكون الناحية الاقتصادية هي الغالبة فيتم تفاضل تركيب المكثف علي جهة ١١ ك. ف. أو ناحية ٢٢٠ / ٣٨٠ ف حسب القدرة الإجمالية لمجموع مصابيح الفلورسنت العاملة داخل النطاق .

الطريقة الثالثة : دائرة شبه رنين

يعطي الشكل رقم ٢-١٢ دائرة الرنين مع التسخين المسبق وهي تعرف باسم دائرة شبه الرنين وتستخدم بكثرة في الإنشاءات الصناعية وكذلك في المحال التجارية والمكاتب الكبرى لتوفير الطاقة بها

٢-٣ : مصباح النيون Neon Lamp

يعتبر مصباح النيون نوعا من هذه المصابيح التي تعمل بالتفريغ الغازي ولها من الخصائص الفريدة الهامة منها :

١- جهد تشغيل عالي يصل إلي ٥ ك. ف. ٢- قطر الأنبوبة صغير جدا (١٠ - ٣٠ مم) ٣- التيار ضعيف جدا (٢٥ – ١٥٠ ملي أمبير) ٤- الدائرة مؤرضة تماما حماية للأفراد ومنعا للتداخل مع الأجهزة الإلكترونية ٥- الكابلات والموصلات وجميع الأطراف في الدائرة لا بد وأن تكون جيدة التوصيل مع الأرض ٦- طول الأنبوبة قصير ويمكن تجميعه ببساطة في أشكال وحروف وكلمات بسهولة تامة كهربيا أو ميكانيكيا ولذلك يستخدم في الإعلانات والديكور وهو الأكثر انتشارا . ٧- الأنبوبة تملأ بغاز النيون (يعطي الأشعة الحمراء) بجانب المساعد من الهيليوم أو الأرجون (يعطي أشعة زرقاء) .
٨- توفير الطاقة بشكل ملحوظ ٩- توافر الأمان الكهربي

يقدم الشكل رقم ٢-١٣ الشكل العام لدائرة مصباح النيون والتي تحتوي علي عدد من المفاتيح المتتالية وهم أربعة حيث يستقبل التيار من المنبع القاطع الرئيسي ويليه القاطع الزمني ثم القفل ثم مفتاح الإشعال حيث يتم التحكم في الدائرة بالأسلوب الكهروضوئي وهو ما

الشكل رقم ٢-١٣ : دائرة مبسطة لمصباح النيون

- يمكن أن نتعامل معه من أجل تقطيع الإضاءة أو التذبذب الضوئي المعهود في وسائل الإعلان الضوئية باستخدام مصابيح النيون .

كما نرى في الشكل رقم ٢-١٤ رسما توضيحيا لكيفية توصيل قطع مختلفة من مصباح
النيون حيث يتم توصيلها علي التوالي في الدائرة الكهربية ويظهر في الشكل ملفات منع
التداخل الكهرومغناطيسي مع الدائرة وهذه النوعية من أبسط الدوائر الكهربية ولذلك فهي
منتشرة بشكل ملحوظ علي جميع المستويات الإعلامية ومازالت في المقدمة .
يقدم الشكل رقم ٢-١٣ الشكل العام لدائرة مصباح النيون والتي تحتوي علي عدد من
المفاتيح المتتالية وهم أربعة حيث يستقبل التيار من المنبع القاطع الرئيسي ويليه القاطع
الزمني ثم القفل ثم مفتاح الإشعال حيث يتم التحكم في
الدائرة بالأسلوب الكهروضوئي وهو ما يمكن أن
نتعامل معه من أجل تقطيع الإضاءة أو التذبذب
الضوئي المعهود في وسائل الإعلان الضوئية
باستخدام مصابيح النيون .

كما نرى في الشكل رقم ٢-١٤ رسما توضيحيا لكيفية
توصيل قطع مختلفة من مصباح النيون حيث يتم
توصيلها علي التوالي في الدائرة الكهربية ويظهر في
الشكل ملفات منع التداخل الكهرومغناطيسي مع الدائرة
وهذه النوعية من أبسط الدوائر الكهربية ولذلك فهي
منتشرة بشكل ملحوظ علي جميع المستويات الإعلامية ومازالت في المقدمة .

الشكل رقم ٢-١٤ :أسلوب توصيل أجزاء مصباح النيون

مصابيح تفريغ ضغط عالي ومنخفض

Discharge Lamps of High & Low Pressure

مع ظهور التفريغ الكهربي وما يصاحبه من أشعة مرئية أو غير مرئية والتي تبين إمكانية تحويلها إلي مرئية جعل موضوع التفريغ في الغازات عملا هاما يحتاج إلي المزيد من البحث والدراسة وبعد أن تعرفنا علي مصابيح النيون والفلورسنت نجد أنه من الممكن أيضا دخول غازات أخرى إلي الميدان فيجعل التفريغ بكفاءة أعلي من الناحية الضوئية ولذلك نجد مصباحين هامين قد ظهرا في ميدان الإضاءة مثل الصوديوم والزئبق وقد تطور الأخير بالخلط مع المعادن ومنها ظهرت مصابيح الهاليد كما أن الخواص قد تتباين لذات الغاز أو المعدن المستخدم إذا تغير الضغط داخل أنبوبة التفريغ وهو ما أتاح العديد من التطبيقات لأي من هذه النوعيات وهو الموضوع ما سوف نستعرضه بالنسبة لهذه الأنواع الثلاثة في البنود التالية .

٣ـ١ : مصباح الصوديوم Sodium Lamp

يوجد نوعان من مصابيح الصوديوم تبعا للضغط بداخلها نفرد لهما السطور التالية .

أولا : مصباح الصوديوم منخفض الضغط Low Pressure Sodium Lamp

تعمل هذه المصابيح عند الضغط المنخفض (حوالي ٣ ملي مم زئبق) وهو الضغط الأمثل لتحويل الطاقة من القوس الكهربي داخل الغاز إلي طاقة ضوئية مرئية وتتكون من :

١ـ أنبوبة زجاجية علي هيئة حرف U تتحمل درجات الحرارة العالية وتأخذ هذا الشكل كي تقلل من طول المصباح فيكون سهلا في أعمال الصيانة .

٢ـ تحتاج الأنبوبة السابقة إلي غاز قابل للتأين ويعطي أشعة مرئية أو غير مرئية يمكن تحويلها إلي مرئية سواء كان بطريقة مباشرة أم لا ولذلك يوضع بداخلها الصوديوم (حيث أن نقطة انصهاره أعلي قليلا من الزئبق فنجد أن الحرارة مرتفعة) والنيون بجانب مادة الأرجون وهو الغاز الخامل وبنسبة ١ % كي يعمل علي خفض جهد التأين في الغاز الناتج مثل بخار الصوديوم حيث تحتاج عملية التفريغ إلي وعاء وغاز قابل للتأين بجهد المنبع المسلط عليه.

٣ـ وسيلة بدء التفريغ الكهربي داخل الغاز حيث توجد الفتيلة وعليها الطلاء من مادة تنجستن كي تساعد علي الانبعاث الإلكتروني من الكاثود وتستغرق عملية بدء التشغيل ما يقرب من ٥ـ١٠ دقائق وإن كانت مدة طويلة إلا أنها تصلح في الأماكن التي يستمر فيها الضوء والإضاءة لمدة طويلة مثل إنارة الشوارع والأسواق ومواقف السيارات والمخازن وأرصفة الموانى والمطارات والسكك الحديدية والمحاجر والمعابر ، ويكون مناسبا أكثر في حالة الضباب حيث يخترق اللون الأصفر هذه الكثافة المعتمة للضباب .

٤ـ توضع هذه الأنبوبة داخل وعاء زجاجي أنبوبي أيضا مزدوج الجدارين حيث الداخلي يطلي بمادة الصوديوم بطريقة متجانسة ومتساوية التوزيع ويجب أن يتجه رأس المصباح إلي أعلي كي لا يترسب الصوديوم أسفل المصباح بجوار القطب (الفتيلة) ومن الممكن أن يوضع أفقيا أيضا . وللمحافظة علي درجة حرارة المصباح يجب منع الفقد

الحراري من تيارات الحمل والتوصيل الحراري بالعزل الحراري الجيد وهو ما يسبب وجود
هذا الغلاف الزجاجي كما تواجد أكسيد الأنديوم الرقيق (٠,٣١ ميكرو متر سمك) يعمل
علي تحسين كفاءة الإضاءة لأن هذه الطبقة تعمل كعاكس ضوئي خصوصا وأن اللون هنا
يكون خاليا من اللون الأحمر فتقل الحرارة ويعطي الجدول ٣-١ تغير الكفاءة لنوع الأنبوبة
ويظهر تعادل القدرات داخل المصباح بالصيغة:

قدرة الدخل للمصباح = الفقد في الأقطاب + الفقد في التفريغ الكهربي (٣-١)

يتم توصيل هذا المصباح في الدائرة الكهربية مع مقاومة أو ممانعة (ملف) من أجل
توزيع الجهد علي المصباح وباقي مكونات الدائرة وكذلك من أجل تقليل التيار المار
بالمصباح ويعطي هذا المصباح ضوءا يميل إلي الاحمرار في بداية عملية التفريغ ولكنه
يتحول إلي اللون الأصفر بعد الاستقرار
وسخونة الغاز والذي تصل حرارته إلي
حوالي ٢٦٠ °م ، ولكن كفاءة الإضاءة
مرتفعة حيث تصل إلي ١٦٠-١٨٠ لومن /
و لأن الإشعاع الصادر له طول موجي يقرب
من ٥٨٩ نانو متر وبذلك يقترب من الأطوال
القصوى للضوء المرئي و هذا النوع يستخدم
في إضاءة الشوارع لأن أمانة نقل الألوان ضعيفة ومن ثم لا نحصل علي ألوان الأشياء مثل
الحقيقة ويوجد نوعان من مصابيح الصوديوم منخفض الضغط هما مصباح وحيد
النهاية Single ended lamp ومصباح مزدوج الأطراف double ended linear lamp
فنري أن القدرة تتوزع علي المصباح ومكوناته في الصورة :

(أ) بادئ تشغيل

(ب) محول تسرب

الشكل رقم ٣-١: دائرة مصباح الصوديوم

قدرة الفقد في المصباح = الفقد الحراري + إشعاع التفريغ (٣-٢)

الجدول رقم ٣-١ : تأثير طلاء الأنبوبة علي كفاءة الإضاءة

نوع العزل (طلاء)	أقصى إضاءة (و)	كفاءة (لومن/و)
أنبوبة غير معزولة	١١٥٠	٦٥
أنبوبة محاطة بأخرى مفرغة	٤٩٠	١١٠
الأنبوبة الخارجية مطلية بأكسيد الصعيع	٢٠٠	١٦٠
الأنبوبة الخارجية بطلاء بأكسيد الأنديوم	١٦٦	١٨٠
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم	١١٠	٢٠٠
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم والمصدر موجات مستطيلة (غير جيبية)	١١٠	٢٢٠

أما عن دائرة المصباح فنراها في الشكل رقم ٣-١ (ب) حيث يتم التوصيل مع محول ذاتي
لتجهيز جهد اشتعال (٤٠٠-٦٠٠) ف ، ونري أن الفقد الحراري يمثل بالمعادلة

الفقد الحراري = فقد الأقطاب + فقد الحجم والجدران بالطلاء عليه (٣-٣)

قد يضاف مكثف علي التوازي لتحسين معامل القدرة المنخفض والذي يقترب من ٠,٣ .
ويضع الجدول رقم ٣-٢ مقننات هذه المكثفات وهناك طريقتان للتوصيل (الشكل رقم ٣-
١) : (أ) طريقة التوصيل الحثي باستخدام بادئ تشغيل (الشكل أ)
(ب) توصيل محول التسرب (محول ذاتي) لتجهيز الفتيلة للانبعاث الإلكتروني (الشكل ب) .

كما نجد أن الإشعاع هو مصدر الإضاءة ولذلك يمكن تبسيط قيمته في الشكل

إشعاع التفريغ= إشعاع الطيف المرئي+ إشعاع ما دون الأحمر (٣-٤)

كما أنه بجانب ذلك نجد القدرة في التفريغ الغازي تتمثل في

القدرة في التفريغ الغازي = الفقد في الحجم والجدران بالمصباح + إشعاع التفريغ (٣-٥)

لان كفاءة الإضاءة عالية تظهر معاملات مؤثرة علي الضوء الناتج عن هذه المصابيح تحتاج الي التنويه وهي :

١- اتجاهات الإضاءة وهي تتعامل مع الفراغ ولذلك يكون هناك ثلاث محاور متعامدة (الكارتيزيان) وقد تتباين قيمة الضوء لنفس المسافة علي كل منهم

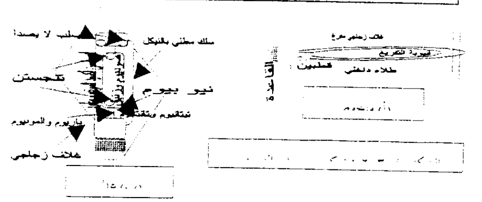
٢- توزيع الإضاءة السطحية وهي أيضا قد تختلف من مكان إلي آخر مما يكون من الضروري معه التعرف علي هذه الخاصية لتحديد صلاحية هذه المصابيح في الإضاءة المطلوبة .

٣- الظلال ومنها الأفقية وكذلك الرأسية فالأولي تتأثر بارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء وكلما ارتفع المصباح كلما زادت الظلال الأفقية بينما الثانية تعتمد علي زاوية انتشار المصدر الضوئي وتكون جيدة مع الكشافات الضوئية ضيقة الزاوية مثل مصباح البقع الضوئية والمستخدم في الأعمال المسرحية .

الجدول رقم ٣-٢ : مقننات مكثفات دائرة مصباح الصوديوم

قدرة المصباح (W)	٣٥	٤٥	٥٥	٦٠	٩٠	١٤٠	١٨٠
سعة مكثف توازي (µF)	٢٠		٢٠		١٣,٥×٢٠	١٣,٥×٢	٢٥+٢٠
سعة مكثف رنين (VAR)		٣٥٠	٣٥٥		٣٦٠	٣٨٠	

أما بالنسبة لعمر المصباح حيث يزيد من عمره حسن اختيار المواد المكونة له وكذلك تكنولوجيا تشغيله لأن المصباح ينتهي عمرة بتوقف الفتيلة عن بث الإلكترونات الحرة بينما توزيع الصوديوم ودرجة حرارة تشغيله يؤثران في هذا العمر وكلما قلت درجة الحرارة كلما زاد العمر وهو ما يمكن الوصول إليه بزيادة الأرجون ليزيد من عملية التأين فيرفع جهد التفريغ الكهربي striking voltage ، ويتراوح المتوسط في حدود ١٥٠٠٠ ساعة كما يقل شدة الضوء بالتقادم الزمني للتشغيل بنسبة تقترب من ١٥ % .



هكذا تتشابه فكرة مصباح الصوديوم منخفض الضغط إلا أن القوس الكهربي في الصوديوم ينتج مباشرة الأشعة المرئية دون الحاجة إلي المادة الفسفورية ولا تعتمد كفاءة الإضاءة علي جهد المنبع مادام مقنن الجهد لا يزيد أو يقل عن ٦ % من المقنن ولكن يعيبه طول فترة البدء (١٠ دقائق) وعند إعادة البدء السريع لا نحتاج إلي هذه الفترة مادام المصباح لم يعود إلي حالة

الشكل رقم ٣-٣ : دائرة المصباح مع الكابح الحثي

استقرار عدم العمل ويبين الشكل ٣ـ ٢ التركيب العام لمصباح الصوديوم منخفض الضغط ويوضح توزيع مواقع بوتقة الصوديوم علي طول مسار الأنبوبة لضمان التوزيع الحراري المنتظم بها حيث يتكثف بخار الصوديوم مقللا من كفاءة الإشعاع ولكن بهذه البوتقة والموزعة كما في الشكل تتجانس الأشعة المتولدة ولهذه المصابيح مقننات محددة بالجدول ٣ـ ٣ .

الجدول رقم ٣ـ٣ : المواصفات القياسية لمصابيح الصوديوم منخفضة الضغط

قدرة المصباح (و)	جهد البدء (ف)	جهد المصباح (ف)	كفاءة الضوء (لومن/و)	طول المصباح (مم)
٣٥ / ١٨	/٣٩٠	/٧٠	١٠٠/١٣٣	٢١٦/٣١٠
٥٥	٤١٠	١٠٥	١٤٥ـ١٤٠	٤٢٥
٩٠	٤٢٠	١١٥	١٥٠ـ١٤٠	٥٢٨
١٣٥	٥٧٥	١٦٠	١٦٧ـ١٥٩	٧٧٥
١٨٠	٥٧٥	٢٤٥	١٨٣	١١٢٠

إضافة إلي ذلك نجد أن مصابيح التفريغ من حيث المبدأ تعتمد علي المكونات ومن المواد المصنعة منها وكذلك البخار ودرجة حرارته والمواد المخلوطة مع الغاز الأصلي مما يشجع العلماء علي المضي قدما في هذا الاتجاه وصولا إلي أفضل ضوء مع أقصي أمانة في نقل الألوان تحت الإضاءة . كان المحول الذاتي شائعا في الماضي ولكن الموجة المستطيلة ترفع القدرة الضوئية وتقلل من جهد البدء فظهر الملف المعروف باسم الكابح الهجيني hybrid ballast وهو يحتوي علي بادئ إلكتروني مستقل وكابح للتيار في صورة ملف ذو حث خطي الخواص بجانب ملف التشبعغير الخطي ومكثف مما يظهر معها الموجات التوافقية (خصوصا الثالثة) وهو ما يسبب نبضات بجهد ٩٥٠ ف بتردد ٥٠ ك. هيرتز أثناء البدء (الشكل رقم ٣-٣) وهو ما ينفصل تلقائيا بعد نجاح البدء مع تواجد مكثف لمنع التداخل الموجي. ويظهر الجدول رقم ٣ـ٤ المقارنة بين المحول الذاتي والكابح الهجيني لمصباح قدرة ٩٠ وات .

الجدول رقم ٣ـ٤ : مقارنة بين مواصفات المحول الذاتي والكابح الهجيني

البيان	وزن (كجم)	فقد (و)	3 rd Harm(%)	كفاءة (لومن/و)	تيار اللاحمل/ تيار المصباح	إعادة البدء
المحول الذاتي	٧.٧	٣٥	٤٠	١٠٧	٣	غير خطي
الكابح الهجيني	٣.٣	٢١	٧.٥	١١٨	٠.٩	لحظي

بعد أن تحسنت الخواص وتقدمت الصناعة لهذه النوعية من المصابيح تداولت بكثرة وعلي نطاق واسع كما نرى في الجدول ٣ـ٤ المقتن منها ومواصفاته الأساسية مع إظهار الجهد الأدنى لتشغيل المصباح وهي من الصفات الجوهرية لهذه النوعيات من المصابيح كما أنه يبين أيضا قيمة الجهد علي المصباح وهو ذو علاقة بالجهد من المنبع والذي يتوزع بأسلوب المتجهات علي المصباح والملف الخانق الذي يدخل علي التوالي معه في الدائرة الكهربية .

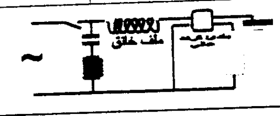
الجدول رقم ٣ـ٥ : مقننات مصابيح الصوديوم منخفض الضغط المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد مصباح (ف)	أدني جهد تشغيل (ف)	تيار (أ)	أقصي ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
٤٥	٨٠	٣٤٠	٠,٦	٣٥٠٠	٧٨
٦٠	١٠٥	٣٤٠	٠,٦	٥٠٠٠	٨٣
٨٥	١٦٠	٤٠٠	٠,٦	٨٠٠٠	٩٤
١٤٠	١٦٠	٤١٠	٠,٩	١٣٠٠٠	٩٣
٢٠٠	٢٦٠	٦٠٠	٠,٩	٢٢٠٠٠	١١٠

ثانيا : مصباح الصوديوم عالي الضغط

High Pressure Sodium Lamp

إن الضوء الصادر عن مصباح الصوديوم أحادي اللون ولكن بالنسبة لزيادة الضغط إلي حدود ٦٠ مم زئبق يتحول طول الموجة إلي مدي من



الشكل رقم ٣-٤: دائرة مصباح صوديوم ضغط عالي

الأطوال فيظهر اللون الأبيض الذهبي مع تداخل لموجة اللون الأحمر والأصفر بجانب قليل من اللون البنفسجي والأزرق ، ويرجع اتساع مدي الطيف اللوني هنا رفع درجة الحرارة حتى ١٥٠٠ ْم وبذلك لزم إحكام غلق أنبوبة التفريغ عند النهايات ومع الأقطاب أيضا لتواجه هذه الزيادة الحرارية العالية ويتم ذلك بمساعدة المعادن والزجاج إضافة إلي اكتشاف مادة أكسيد الألومنيوم (الأمونيا) متعدد البلورات والمتبلد وما لها من خصائص وما يتبعها من ضرورة إحكام غلق الأنبوبة . تتكون الأقطاب من ملف من تنجستن مطلي بطبقة إشعاعية ومثبت علي قضيب من ذات المعدن ومتصل من خلال أنبوبة من معدن النيوبيوم (معامل التمدد مساوي لمعامل أنبوبة التفريغ) مجوفة لتفريغ الأنبوبة الرئيسية والتي تصنع من مادة السليكون عالي الجودة ومن ثم شحنها بالصوديوم والغاز الخامل (الشكل رقم ٣- ٢ (ب)) ، وتحتوي أيضا أنبوبة التفريغ علي الفتيلة وتملأ بغاز بادئ (وهو يشبه إلي حد كبير مصباح الزئبق) كما توضع هذه الأنبوبة داخل غلاف زجاجي مفرغ لعزلها حراريا وحمايتها من التأثيرات الخارجية ويوجد قليل من الزئبق (ذو الموصلية الضعيفة) لأنه يرفع الكفاءة الضوئية لسببين هما :

١- خفض الفقد الحراري لأن الموصلية للخليط من غازين تقع بين موصلية كل منهما أي يتم خفضها فعلا ولتقليل الفقد في التوصيل الحراري يرفع ضغط بخار الزئبق إلي ما يقرب من ثمانية أمثال عن ضغط بخار الصوديوم .

٢- تقليل الفقد الكهربي للقوس الكهربي نتيجة نوعية البلازما الناتجة في هذه الحالة خصوصا وأن المصباح له مقاومة سالبة للعلاقة بين الجهد والتيار (**negative characteristic**) .

تصل شدة الضوء إلي ٨٠ % من المقنن بعد ٦ دقائق من لحظة البدء خصوصا وأنه يحتاج إلي بادئ إلكتروني (الشكل رقم ٣- ٤) كما يحتاج إلي ثلاث دقائق لإعادة التشغيل والبدء من جديد بعد إطفاء المصباح حيث يتواجد القليل من غاز النيون لتسهيل مهمة بدء المصباح ، وقد ظهر مؤخرا بادئ فوري ولا يحتاج إلي الانتظار وهي عبارة عن أجهزة خاصة صنعت لهذا الغرض وتعتمد علي شكل المصباح وقدرته وجهد تشغيله (١,٨ – ٥ ك. ف.) ، ويضاف إلي هذه النوعية ناشرا للضوء في حالات الإضاءة الغامرة خصوصا في إنارة الملاعب الكبرى وأرصفة الشحن والموانئ والمطارات بالرغم من قلة مستوى نقل الألوان بأمانة كاملة ولكنه صالح عند عدم الحاجة إلي الألوان وضرورة إضاءة الموقع بشكل مكثف ويحدد الجدول رقم ٣-٦ بعضا من المصابيح المتداولة في الأسواق .

الجدول رقم ٣-٦ : أنواع مصابيح الصوديوم عالي الضغط المتداولة في الأسواق

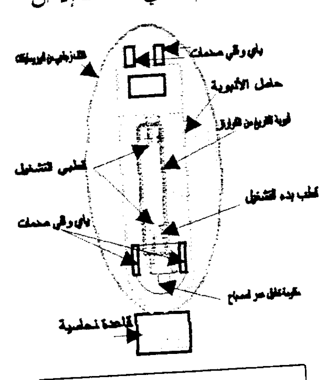
نوع	قدرة (و)	أقصى ضوء (لومن)	قطر متوسط (مم)	أقصى طول (مم)	مكان استخدام
النوع	٣٥	٢٠٠٠	١٢٦	١٩٠	مناطق سكنية وشوارع
الكروي	٧٠	٤٨٠٠	١٢٦	١٩٠	داخلية
النوع	١٥٠	١٢٥٠٠	٤٦	٢١١	شوارع داخلية
الأنبوبي	٢٥٠	٢٣٠٠٠	٤٦	٢٥٧	موانئ ومطارات
	٤٠٠	٣٨٠٠٠	٤٦	٢٨٥	
النوع	٣٥	١٨٥٠	٥٥	١٣٠	شوارع
البيضاو	٧٠	٤٨٠٠	٧٠	١٥٦	
ي	١٥٠	١٢٠٠٠	٩٠	٢٢٦	
	٢٥٠	٢٢٠٠٠	٩٠	٢٢٦	غامرة لأرصفة شحن
	٤٠٠	٣٦٠٠٠	١٢٠	٢٨٥	وملاعب كبيرة

يتأثر عمر المصباح والذي يصل إلي ٢٤٠٠٠ ساعة (عمر طويل) علي عدد مرات البدء خصوصا وانه يعمل علي تردد عالي **HF Ignition** ومرات ارتفاع الجهد من المصدر

ويعتمد إلي حد كبير علي مكونات المصباح ذاته ويتواجد علي الساحة عددا من النوعيات المتطورة نذكر منها مصباح الصوديوم وأكسيد القصدير Tin- Oxide Sodium Lamp وتعرف بالرمز TOX ويعطي فيها اللون الأصفر ويصلح للأنفاق والمحاجر والطرق السريعة وهذه النوعية من أكثر المصابيح انتشارا علي المستوى الدولي وليس بمصر وحدها وهو في متناول الجميع أفرادا وصناعة أو إدارات وقد أخذ السعر في النزول باستمرار .

٣-٢ : مصباح الزئبق Mercury Lamp

يرمز لهذه النوعية بالرمز HPMV وهو يعني مصباح بخار الزئبق عالي الضغط High Pressure Mercury Vapor Lamp حيث يشابه مصباح الصوديوم عالي الضغط إلا أن الزئبق يحل محل الصوديوم ويدخل في هذه الصفات بعضا من التعديلات سواء في المادة المساعدة أو أسلوب العمل بها وحتى لا يتكرر الكلام نتناول هذا المصباح في نقاط كما يلي :



الشكل رقم ٣-٥ : تركيب مصباح الزئبق

أولا : تكوين المصباح

يتكون المصباح كما نراه تخطيطيا في الشكل رقم ٣- ٥ مثل مصباح الصوديوم عالي الضغط ويظهر بجانب القطبين الرئيسيين قطبا ثالثا مساعدا في عملية بدء الإشعال وقد يكون هذا القطب المساعد قطبين بدلا من واحد وضغط المصباح يتراوح بين ٢ و ١٠ بار به بخار مع الغاز الخامل وهي مصابيح عالية الكثافة ، ويتم توصيل القطب المساعد هذا مع القطب البعيد في الطرف الآخر من الأنبوبة من خلال مقاومة ١٠ ـ ٣٠ كيلو أوم .

ثانيا : دائرة المصباح

وتأخذ الدائرة الكهربية نفس الشكل الخاص بمصباح الصوديوم كما في الشكل٣- ١(أ) ولكن بدون بادئ خارجي حيث يعمل قطب البدء داخل الأنبوبة بهذا العمل وهو من يقوم بالبث الإلكتروني فيحث التفريغ الداخلي ويستهلك البدء فيها حوالي (٤ـ٨ ق) ، ومعامل القدرة لهذه المصابيح منخفضا (٠,٥) وبالتالي يحتاج إلي مكثف لتحسينه كما في الجدول ٣-٧ .

الجدول رقم ٣-٧ : مقننات المكثفات المستخدمة لتحسين معامل القدرة

قدرة المصباح (W)	٥٠	٨٠	١٢٥	٢٥٠	٤٠٠	١٠٠٠
سعة مكثف (µF)	٧	٨	١٠	١٨	(١٣,٥)٢	(٢٠)٣
قدرة مكثف (VAR)	١٠٥	١٢٥	١٥٥	٢٨٠	٣٨٥	٩٢٠

أما متوسط الكفاءة فهو يقترب من ٥٠ لومن / وات ويحتاج المصباح إلي حوالي ٤ دقائق للوصول إلي الضوء المقنن ويحتوي الطيف الصادر عنه علي اللون الأحمر المائل إلي البياض والأبيض المائل إلي الزرقة وتصل قدراتها إلي ٢ ك.و. بفيض غامر هو ١٠٠٠٠٠ لومن ويطلي الغلاف من الداخل بمسحوق الفلورسنت وصولا إلي الضوء

الأحمر وحيث أنها تتميز بالعديد من الصفات والخصائص فهي واسعة الانتشار ، وتستخدم في السكك الحديدية والمطارات والموانى والورش والمراكز التجارية وكذلك الشوارع ويظهر في الجدول رقم ٣ـ ٨ عددا من المصابيح المتداولة من هذا النوع وبياناتها الفنية . ويحتاج المصباح إلي مدة زمنية لإعادة التشغيل بعد الفصل وهو ما يعيب هذا النوع ولهذا يستخدم بجانبه بنسبة ضئيلة المصابيح العادية فورية الإضاءة .

الجدول رقم ٣-٨ : مقتنات مصابيح بخار الزئبق وأكسيد القصدير المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد المصباح (ف)	تيار (أ)	أقصى ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
٤٠	٧٥	٠,٥	٤٤٠٠	١١٠
٦٠	١١٥	٠,٧	٧١٠٠	١١٨
١٠٠	١٢٥	٠,٩٥	١٢٥٠٠	١٢٥
١٥٠	١٨٥	٠,٩٤	٢٠٥٠٠	١٣٥
٢٠٠	٢٦٥	٠,٩	٣٠٠٠٠	١٥٠

تعتمد كفاءة المصباح مثل الصوديوم علي كثافة البخار داخل أنبوبة القوس الكهربي ومن الممكن تحسينها باستخدام المواد الفسفورية وبالاستعانة بفتيلة من تنجستن داخل أنبوبة التفريغ لتعمل مثل الخانق ، وتعتمد نظرية عمل هذا المصباح علي التفريغ في الغازات والتصادم الإلكتروني داخل الأنبوبة ولذلك يوجد قطب مساعد لإثارة الإلكترونات ويتميز هذا المصباح باحتوائه علي ألوان الأزرق والأخضر والأصفر وفوق البنفسجي (٢٥٤ نانو متر) فيزيد من حرارة المكان فتظهر الأبخرة ويزيد الضغط وهو ما يؤدي إلي ضيق مسار التفريغ الإشعاعي فيزيد من الكثافة والضغط فيميل اللون إلي الأبيض حيث يمتص بخار الزئبق الأشعة فوق البنفسجية ليعيد بثها في النطاق المرئي . ولذلك يكون لضغط البخار تأثيرا واضحا خصوصا وأن الجهد في البداية يكون قليلا ثم يزيد بعد ذلك ويمكن تحسين هذه الخواص بإضافة اليود ويمكن أيضا ملئ الأقطاب بمادة مشعة مثل الباريوم واسترونتيوم مخلوطا مع مادة **thoria** كما يتواجد الأرجون في الأنبوبة بضغط ٣٩ – ٥٠ مم زئبق

ثالثا : أنواع مصابيح الزئبق

تتباين أنواع هذا المصباح علي نطاق كبير نتيجة التطورات المستمرة والتقدم التكنولوجي الهائل في الفترة القصيرة الأخيرة ونضع أهمها علي النحو التالي :

النوع الأول : مصباح ضغط عالي طرازMBF الضغط الأقل (٢– ١٠ جوي)

يعطي هذا النوع اللون الأبيض المائل إلي الخضرة مع بعض من فوق البنفسجي حيث يحولها الفسفور إلي موجات الأحمر بطول ٦٠٠ – ٧٥٠ نانو متر وهي صالحة لإنارة الشوارع .

النوع الثاني : مصباح ضغط فائق طراز ME الضغط من ٣٠–١٠٠ جوي)

ويصلح للمسارح والتصوير السينمائي والأعمال الصناعية وهو صغير الحجم غامر الإضاءة كروي الشكل

النوع الثالث : مصباح ضغط فائق طراز MD الضغط من ٥٠–٢٠٠ جوي)

- يتم فيه التبريد بالماء نتيجة الضغط الهائل

النوع الرابع : مصباح طراز MBER

مثل السابق مع إضافة عاكس علي شكل قطع زائد والغلاف مطلي بطبقة من أكسيد التانتيوم التي لها انعكاسية ٩٥ % في المجال المرئي وبها طبقة فسفورية عند قمة الأنبوبة فقط وتترك الجهة الأخرى بدون طبقة فسفورية وهنا تقوم الانعكاسية برفع الكفاءة الضوئية بشكل واضح فجعل هذا المصباح يحتل مكانة المصابيح الغامرة أحيانا .

النوع الخامس : مصباح طراز MBTF

هذا النوع يماثل السابق ولكن توصل الفتيلة علي التوالي مع الأنبوبة ومصممة للتحكم في التيار من أجل إطالة عمرها ويتحسن تيار البدء وينخفض الفقد في الجهد عند البدء والتشغيل ويتميز بأنه لا يحتاج إلي أجهزة تحكم إضافية ويعيبه قلة كفاءة الضوء .

النوع السادس : مصباح منخفض الضغط نوع خاص طراز M1 or M2

يستخدم مسحوق الفلورسنت لطلاء الأنبوبة الداخلية بينما تطلى الفتيلة بالأكسيد حيث تسخن في بدء الإشعال فقط وتستمر علي ذلك أثناء التشغيل حيث يشحن الأقطاب (موصلة علي التوالي مع ملف خانق عبر المصدر) وينتج جهد مرتفع عند فتح البادئ ومنه نوعان . وقد تتواجد نوعيات خاصة جدا غير شائعة الاستخدام حيث يستعان في صنع المصباح بالزجاج الخشبي في التصنيع فيحجب بعضا من الأشعة وهذه النوعية خاصة وتستخدم هذه النوعية في الأبحاث مثل البكتريا الحيوية والميكروبيولوجي وهي تحتاج إلي نظم تحكم وهي تعمل علي التيار المستمر بجهد ٢٤ ف . كما أنه هناك الكثير من المصابيح الأخرى متطورة بالنسبة لتلك المذكورة هنا سواء من نوعية التفريغ الغازي أو التوهج ومنها أيضا ما تصنع خصيصا لأغراض محددة غير تلك المذكورة عالية مثل ما يحدث في مجال الأبحاث او المقاومة البكتيرية أو العناية الطبية وغيرها من الميادين العديدة .

٣-٣ : مصباح الهاليد Halid Lamp

بعد المصباح المتوهج وما تلاه من أنواع أخرى مثل الفلورسنت ثم الصوديوم منخفض الضغط فالزئبق عالي الضغط وهذا التطور للمصابيح المتتالي لاح في الأفق المزيد من التحسين فظهر مصباح الصوديوم عالي الضغط ومن ثم الهاليد المعدني ، وهذا الأخير يتكون من الزئبق واليود وهو مثيل مصباح الزئبق عالي الضغط (لهذا لن نعيد الوصف) مضافا إليه كمية قليلة من اليود (الهاليد المعدني) مما يرفع من صفات اللون الضوئي وزيادة الكفاءة الضوئية من خلال طريقة وضع المصباح أفقيا أو رأسيا كما يتم طلاء الجدار الداخلي للأنبوبة بمادة فسفورية من الفلورسنت مثل فاندات اليوتريوم Ytterium Vandate المشع باللون الأحمر وبكفاءة تقرب من ٥٠ لومن / وات ، وهذا النوع تزيد فيه كفاءة الضوء كلما ارتفعت القدرة فالمصباح ٢ ك.و. يعطي فيضا قدره ١٩٠٠٠٠ لومن بكفاءة ما بين ٧٥ – ١٠٠ لومن / وات ، وهذا المصباح يلزمه أجهزة إشعال لبدء الإشعال منفصلة (حيث يصل جهد الاشتعال إلي ٦٠٠ – ٧٠٠ ف) بجانب ملف خانق لتوزيع الجهد وتقليل التيار المار به ، ولذلك فهو مرتفع الثمن ويصل عمر المصباح إلي ٧٥٠٠ ساعة وهو أقل بكثير عن عمر مصباح الزئبق ، وهو أيضا ملائم للصناعة

والأماكن العامة وفي الأبنية شاهقة الارتفاع وعالية الأسقف ويقدم الجدول رقم ٣- ٩ البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني.

الجدول رقم ٣- ٩ : البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني

القدرة (وات)	فيض (لومن)	كفاءة (لومن/و)
٢٨٨ / ٢٥٠	١٧٥٠٠	٦١
٤٥٠ / ٤٠٠	٢٧٦٠٠	٦١

الهاليد يعتبر مركب ثنائي العنصر لأحد الهالوجينات وعنصر معدني ، أما الهالوجين الموجود في هذا المصباح هو اليود ولكن العنصر الآخر يأخذ أشكالا كثيرة مثل الصوديوم أو الثاليوم أو الأنديوم أو السكانديوم أو الديسبروسيوم بينما الهاليد المقابل لهم هو إما يويد الصوديوم أو يوديد الثاليوم أو يوديد الأنديوم وهما ما يتبعان الطيف الضوئي المحدد في الجدول رقم ٣- ١٠.

الجدول رقم ٣-١٠ : الطول الموجي لمحلوط مصباح الهاليد

المادة في المخلوط	الصوديوم	الثاليوم	الأنديوم
الطول الموجي المقابل (nm)	٥٨٩	٥٣٥	٤٣٥

هناك المزيج من الصوديوم والسكانديوم وهو الأكثر كفاءة من بين كل الأنواع لأنه أعلى في أمانة نقل الألوان حيث أنه يحتوي علي ألوان عديدة داخل المجال المرئي ، فكل هذه الأنواع نافعة كوسيلة لإدخال العنصر المعدني في القوس الكهربي بالضغط العالي لإسراع عملية بخر هذه المعادن دون الحاجة إلي رفع درجة الحرارة وبذلك نستطيع رفع قيمة أمانة نقل اللون الضوئي والذي قد يصل إلي ٩٠ % مع الحفاظ علي كفاءة الإضاءة عالية ولذلك فقد بدأت الصناعة مؤخرا في التعامل مع مخلوط متجانس من هذه اليودات لتحسين خواص المصباح وبالتالي الضوء ، ودائرة تشغيل المصباح همبينة بالشكل ٣- ٣ لمصباح الصوديوم تماما .

مما سبق شرحه بصورة موجزة نستطيع التعرف علي عدد من الصفات المقارنة بين الأنواع المختلفة من المصابيح ويعطي الجدول رقم ٣-١١ توزيع الطاقة في مكونات المصباح مقارنة لمصباحي الصوديوم ضغط عالي ومنخفض وقد جاءت الأرقام بالنسبة المئوية نتيجة اختلاف قدرات المصابيح للتعرف علي الخصائص الداخلية في كل منها .

تشغيل المصباح يعتمد علي بدء التشغيل الذي يصدر ضوءا من بخار الصوديوم ويبقى الهاليد معدنا باردا أعلي الجدران وترتفع حرارة الجدران فيتحول الهاليد إلي بخار وينتقل إلي المناطق الساخنة ويتداخل مع ذرات الهالوجين والمعدن بأسلوب الحمل الحراري والانتشار داخل القوس الكهربي فتتهيج الذرات بدرجات الحرارة العالية فيصدر الإشعاع الضوئي بينما تستمر ذرات المعدن في التغلغل داخل الأنبوبة فتصل المناطق الباردة (الجدران) حيث تعود وتتحول مرة إلي بخار فيتكرر ما سبق بصفة دورية ، ويحتاج المصباح إلي ٦ دقائق أو أقل لينتج ٨٠ % من الضوء المقنن ويحتاج إلي ١٥ ق قبل إعادة إشعاله . ومصباح الهاليد أطول من مثيله من الزئبق وقد يضاف ناشرا للضوء في المصباح عند الاستخدام في الملاعب الرياضية الكبيرة أو الصغيرة وتستخدم في التصوير التلفزيوني والسينمائي وهذا الناشر الضوئي يساعد علي رفع أمانة نقل الألوان .

الجدول رقم ٣-١١ : التوزيع المئوي للطاقة داخل بعض أنواع المصابيح

نوع المصباح	الصوديوم ضغط منخفض	الصوديوم ضغط عالي	هاليد معدني
قدرة الدخل (و)	١٨٠	٤٠٠	٢٥٠
فقد حراري	٦٢,٢٢	٥٠,٥	٦٤,٨
فقد في أقطاب	١٢,٢٢	٦	٦,٨
قدرة تفريغ غازي	٨٧,٧٧	٩٤	٩٣,٢
فقد حجم وجدران	٥٠	٤٤	٤٧,٦
فقد إشعاع	٣٧,٧٧	٥٠	٤٥,٦
إشعاع دون الأحمر	٢,٧٧	٢٠	١٥,٦
إشعاع مرني	٣٥	٢٩,٥	٢٨
إشعاع فوق بنفسجي	-	٠,٥	١٠,٤

مصابيح الهاليد تقترب في الخواص من ناحية التطوير مثل ما حدث مع مصابيح الفلورسنت المدمجة ونجد أيضا مصابيح الصوديوم عالية الضغط المدمجة وأيضا مصابيح الهاليد المعدن المدمجة وهي التي تتميز بإمكانية التركيب في الأماكن المفتوحة ومن الهام التنويه علي أنه في حالة تشغيل المصباح علي الجهد ١٢ ف يكون من الضروري استخدام محول إلكتروني مدمج

أما بالنسبة للمصباح الفلورسنت المدمج والذي يعمل مع الكابح بالتيار المغناطيسي ويعطي زمن بدء ٠,٥ ثانية وبدون الرعشة الضوئية وتزيد هذه المدة إلي ثانيتين عند درجات الحرارة المنخفضة كما يصل الضوء إلي ٤٠ % من المقنن بعد دقيقتين ونضيف من خصائص الفلورسنت المدمج ما هو آت :

١- يعمل مصباح الفلورسنت المدمج بجهد ٢٠٧ _ ٢٤٤ ف وفرق حراري _٣٠ حتى ٥٠ °م .

٢- لا يتأثر عمر المصباح بعملية البدء إلا إذا كان إعادة إشعال قبل مضي دقيقتين من الفصل ولكن مصباح تنجستن هالوجين المدمج يطلي بطبقة عاكسة ضوئية لعكس الأشعة دون الحمراء علاوة علي توفيرها للطاقة المستهلكة وكفاءتها في تمييز الألوان ، وتوجد مصابيح حلزونية مدمجة من نوع الفلورسنت Helix Compact بقدرة ٣٢ وات تعطي ٢٤٠٠ لومن وهي بذلك تنتج ضعف ضوء المصباح المتوهج وتوفر ثلثي الطاقة المطلوبة لأنها ضعف الضوء الصادر عن مصباح متوهج بقدرة ١٠٠ وات ومصابيح الحث الكهربي Induction Lamps والتي تحتوي علي قطب أو فتيلة يصل عمر تشغيلها نحو ٧٠ ك س ولذلك يوصي بالاعتماد عليها في الأماكن صعبة الصيانة وتتنوع إلي نوعين :

النوع الأول : مصباح الحث طراز QL

يتكون من قلب معدني (حديدي) يتركز فيه المجال الكهرومغناطيسي من الملف الابتدائي والملفوف حوله حيث تنتقل الطاقة علي الترددات العالية فيتولد التيار الثانوي الذي يمر في الغاز تحت الضغط المنخفض داخل الغلاف الزجاجي فتتأين الذرات وتشع الموجات فوق البنفسجية فيتحول من خلال مادة فسفورية إلي النطاق المرئي ومن خلالها نستطيع التحكم في اللون الناتج عن الضوء .

النوع الثاني : مصباح الحث طراز E

هنا يستبدل القلب الحديدي في النوع السابق بنوع هوائي والذي يغذي من الترددات العالية ينتج المجال الكهرومغناطيسي في أنبوبة التفريغ فيتأين الغاز ويمر التيار بالمصباح منتجا الضوء وهذا النوع يعتمد علي تآكل الطبقة الفسفورية المستمر مع البدء والتشغيل ، ويدخل أيضا مصباح الهاليد المعدني مع نفس خصائص الكشافات الهالوجينية Halogin Lamp لأنه يحتوي علي اليود وحيث أن اليود والكلور والفلور والبروم كلهم من الهالوجينات فدخول أي منهم مع الغاز الخامل يعمل علي تواجد دورة الاسترجاع السابق الحديث عنها لحماية الفتيلة من الاحتراق والتخلص من ظاهرة التسويد مما يقودنا إلي تصغير حجم المصباح وزيادة عمر المصباح أو الكشاف الهالوجيني (قدرة حتى ٣٠٠ وات بجهد ١١٠ أو ٢٢٠ ف) والذي يتكون من تنجستن هالوجين ويستخدم بكثرة في الإذاعة الخارجية والملاعب مثل مصباح الهاليد وبالرغم من المحاولات المستمرة لتحويل أي منهما إلي الاستخدامات المنزلية بغرض التوصل إلي الإنتاج المتعاظم .

يتواجد علي الساحة الفعلية المصباح الشمسي Sun Lamp الذي يتكون مثل الهاليد والزئبق بتواجد غاز الأرجون ولكن يضاف داخل المصباح قليل من الزئبق حيث يتم توصيل المصباح فتسخن الفتيلة (تنجستن) فتشع الإلكترونات ويتأين الأرجون ويبدأ التفريغ داخل المصباح مما يرفع من درجة الحرارة ويتبخر الزئبق فتضئ ، وهو متميز بالضوء المبهر ويستخدم هذا النوع في الإضاءة العامة في الشوارع والمراكز التجارية وبعض منها يستخدم في المستشفيات الكبرى ولها محول خاص لتوصيل الدائرة الكهربية

٣ ـ ٤ : نظرة شاملة General

تتميز أغلب المصابيح بعدم اللمعان الفائق وعدم الإبهار وقلة الظلال ويعطي الجدول ٣-١٢ بيانا لبعض المصابيح من جهة اللون ودرجة الحرارة ونتطرق إلي هذه النظرة الشاملة :

أولا : أنواع البادئ Starter Type

نجد أيضا أن العملية المشتركة في مصباح التفريغ الكهربي هي عملية البدء والتي يمكن تقسيمها إلي :

النوع الأول : النوع الحراري Thermal Type

يوجد ملف تسخين مع البادئ فيسخن الشريط المعدني ويفتح الأطراف مسببا توليد جهد عالي فجأة يسبب التفريغ في الأنبوبة ويستمر فتح الأطراف بينما المصباح يعمل ، الملامسات مزدوجة المعدن تكون مغلقة (غير مفتوحة كما الحال في مفتاح البريق) وتوضع مع ملف تسخين صغير وعند توصيل المنبع يمر التيار بالكاثود والملف الخانق علي التوالي مسخنا البادئ وترتفع درجة الحرارة لملامسات البادئ فيفتح الملامسات ويقطع التيار في الدائرة فيظهر جهد عالي فجأة بين قطبي المصباح محدثا التفريغ الكهربي بينهما ويمر التيار بسخان البادئ لتظل الملامسات مفتوحة وهو النوع الأكثر تعقيدا عن الآخرين ولكنه مفيد في قصر فترة التجهيز ويصلح لمصابيح الفلورسنت والصوديوم وعمرة يزيد عن عمر المصباح عادة .

الجدول رقم ٣-١٢ : الألوان الخاصة بالمصابيح الغازية

نوع اللون	نوع الضوء	الكفاءة (%)	حرارة اللون (كلفن)
فلورسنت ابيض بارد	بارد	١٠٠	٤١٠٠
فلورسنت أبيض بارد دي لوكس	بارد	٧٠	٤٢٠٠
فلورسنت ابيض	طبيعي	١٠٢	٣٥٠٠
فلورسنت أبيض دافي	دافي	١٠٢	٣٠٠٠
فلورسنت أبيض دافي دي لوكس	دافي	٦٨	٣٠٠٠
فلورسنت ضوء النهار	بارد	٨٣	٦٥٠٠
فلورسنت ثلاثية الفسفور	بارد	١٠٥	٤١٠٠
	طبيعي	١٠٥	٣٥٠٠
	دافي	١٠٥	٣٠٠٠
	بارد	١١٧	٤١٠٠
	طبيعي	١١٧	٣٥٠٠
	دافي	١١٧	٣٠٠٠
زئبق	بارد	٣٢	٤٤٠٠
هاليد	دافي	٧٠	٣٠٠٠
	طبيعي	٦٥	٤٠٠٠
صوديوم ضغط عالي	ذهبي	٢١	٢١٠٠
صوديوم ضغط منخفض	اصفر	٠	١٧٠٠

النوع الثاني : النوع اللامع Glow Type

يتكون كمصباح صغير جدا من أنبوبة مملوءة بالهيليوم وأقطاب من شريط ثنائي المعدن عندما يقفل المفتاح يظهر فرق جهد بين هذين القطبين مسببا بريقا بسيطا بتيار ضئيل لا يسخن الفتيلة في الأنبوبة ولكنه قادرا علي شحن الشريط ثنائي المعدن فيتمدد ويقطع الاتصال فيظهر تلقائيا تيار عالي من الفتيلة فتسخن وتصدر موجات حمراء وعند تلامس الأطراف في البادئ يتوقف التفريغ ويبرد الشريط ويفتح الملامسات فيظهر الجهد البادئ .

النوع الثالث : بادئ التسخين المسبق Preheat Quick Starting

يتم توصيل شريط معدني مؤرض بجانب المصباح خارجيا لزيادة الجهد من أجل رفع كفاءة التأين حيث بزيادة التيار يرتفع معدل التأين ويكون البدء أسرع ويوضع ملفا علي التوازي مع الأنبوبة وعليه الجهد الكامل . أما بعد البدء يستعيد المحول جهد الأنبوبة المعتاد ويقل تيار الفتيلة مما يطيل من عمر الفتيلة .

النوع الرابع : البدء البارد Cold Starting

يمكن الحصول علي الجهد العالي إما بفتح الدائرة فجأة او بتوصيل مصدر جهد خارجي يماثل ٣ أضعاف الجهد المقنن من خلال محول رفع إلا أن الفتيلة في مثل هذه الحالات تصنع خصيصا لمواجهة هذه الظروف الكهربية عالية الإجهاد .

النوع الخامس : مفتاح البريق Glow Starting Switch

يتكون من ملامسات مزدوجة المعدن داخل أنبوبة بها أرجون أو هيليوم وعند تسليط الجهد عليها يظهر جهد بين الملامسات المفتوحة وينتج تفريغ كهربي يؤدي إلي حرارة فيقفل الملامسات مزدوجة المعدن ، فيمرر تيار للتسخين المسبق بينما تبرد الملامسات فتفتح ثانية فيرتفع الجهد ويركب علي الملامسات مكثف من الخارج للتخلص من التداخلات مع إشارات الراديو ، ونري

بالجدول٣-١٣ دليل أمانة الألوان الخاص ببعض المصابيح الواردة في هذا الباب وأماكن استغلالها المناسب مبينا الغامرة ضوئيا منها .

الجدول رقم ٣-١٣ : دليل أمانة نقل الألوان لبعض المصابيح

نوع المصباح	أفضل استخدام	كفاءة (لومن/و)	دليل اللون
متوهج عادي	منزلية	١٣	١٠٠
متوهج عالي القدرة	داخلية بارتفاعات عالية	١٨	١٠٠
تنجستن - هالوجين	غامرة	٢١	١٠٠
زئبق بضوء محدد	بديل المتوهج	٢٠	٧٠
زئبق ضغط عالي	الشوارع	٥٥	٤٠
هاليد	للمصانع	١٠٠-٧٥	٩٠-٧٠
فلوري	إضاءة عامة	٩٠-٨٠	٨٥-٥٥
الصوديوم ضغط عالي	مناطق تجارية	١١٥	٣٠
الصوديوم ضغط منخفض	شوارع	١٨٥	٤٥

يمكننا تلخيص العيوب التي تواجه هذه المصابيح في المكونات التالية : (الأنبوبة - البادئ - التوصيلات - تربيط الماسك - الملف الخانق - ضوء المصباح: وهو عيب تشغيل وينتج عن عدة أسباب هي قلة مقتن الملف الخانق أو انخفاض درجة الحرارة أو الجهد) ، كما يتأثر المصباح من هذا النوع بكثرة عمليات البدء بدون داعي وتغير جهد المنبع انخفاضا أو ارتفاعا وكذلك كثرة التداخل بين الموجات اللاسلكية والمصباح ولذلك هناك متطلبات محددة في التصميم الخاص بهذه النوعيات من المصابيح نحدد إطارها علي النحو الآتي : (إضاءة مريحة - كفاءة عالية - عدم الإبهار - ارتفاع مناسب للتعليق - تشغيل مستقر من جهة الجهد والتيار - تركيب عاكس لتوزيع الإضاءة) .

أخيرا تتجه التصميمات الحديثة إلي مصابيح الحث الكهربي وفيها تعتمد فكرة التفريغ الكهربي علي تأثير المجال خارجيا علي أنبوبة المصباح ليحدث التفريغ الكهربي بها بدون توصيل البادئ أو غيره من المساعدات .

ثانيا : نظم الإضاءة Illumination Systems

تتنوع الإضاءة إلي عدد من الأنواع فهي إما أن تكون إضاءة داخلية in door أو خارجية outdoor ولذلك يجب تحديد نوعية الإضاءة عند التعامل مع تصميم دوائر الإضاءة للحصول علي أفضل كفاءة وأحسن توزيع لها ويجب أن تتوافر فيها الشروط الأساسية التالية:

١ - في الإضاءة الداخلية يلزم إضاءة طبيعية تقترب من ضوء النهار وفي الورش والأماكن مزدوجة الغرض يظهر نوعان من الإضاءة (عامة للمكان وخاصة للمكاتب والمشرفين أو للعاملين علي أعمال خاصة)

٢ - في الإضاءة الخارجية تظهر منها أنواعا مثل الإعلانات أو المطارات والمواني والسكك الحديدية والملاعب الرياضية أو تجميل الأبنية والآثار والجبال والمناطق السياحية وكلها يعتمد علي الإسقاط الضوئي بالكشافات Flood حيث تكون الإضاءة غير مباشرة وتكون قوية جدا ومركزة مع المباني المنخفضة وضعيفة المستوى بقدر الإمكان مع المباني الشاهقة واسعة الانتشار . كما يلزم أن يكون المصباح مقاوم للظروف المناخية من الزجاجي القضي وله عاكس من صلب لا يصدأ أو الكروم أو حديثا من الإناميل لتوزيع الضوء علي المكان ويعتمد نوع المصباح علي لون المبني تبعا للقواعد المعروفة مثل ما هو وارد في الجدول رقم ٣-١٤

الجدول رقم ٣-١٤ : المصابيح المناسبة لبعض ألوان المباني

لون المبني	احمر	أصفر	أخضر	أزرق
نوع المصباح المناسب	متوهج	متوهج أو صوديوم	زئبق	زئبق

١ - . في الطرق العامة والشوارع الرئيسية وهي هامة لحركة المرور ويتبع فيها أسلوبان

(أ) طريقة التجميع الضوئي Diffusion Base وتكفي لوحدها عند تصميم الإضاءة في المناطق التجارية والشوارع الداخلية وفي المناطق الداخلية بين الأحياء والمجمعات السكنية ويضاف هنا معاملا هاما عند تداخل الأبنية العالية مع توزيع الإضاءة المطلوبة علي الشوارع ويمكن التغلب عليها من خلال الاعتماد علي الضوء الأفقي وتقليل الضوء والابتعاد عن الإبهار.

(ب) طريقة انعكاسية الضوء Reflection Base وهي هامة بجانب السابقة لتصميم الإضاءة علي الطرق السريعة والشوارع الكبيرة حتي لا تؤثر سلبيا علي قيادة السيارات ليلا عند التعامل مع المرايا بالسيارة

كما يلزم وضع إضاءة مناسبة عند مفارق الطرق والمنحنيات والمرتفعات والمنخفضات والمطبات الصناعية وغيرها ، وتتأثر جميع هذه المصابيح بالجهد المسلط عليها ويظهر تأثر الجهد علي المصابيح المختلفة علي النحو المبين في الجدول رقم ٣-١٥ .

الجدول رقم ٣-١٥ : مقارنة لتأثير الجهد علي خصائص بعض المصابيح

مسلسل	مصباح	هبوط الجهد	زيادة الجهد
١	متوهج	يقلل من ناتج الضوء	يزيد الإضاءة ويقلل من عمر المصباح
٢	فلورسنت	ينقص ناتج الضوء ويمكن منع بدء الاشتعال	تقليل عمر المصباح بشدة
٣	زئبق	قد يطفئ المصباح كما يقلل ناتج الضوء	يسخن المصباح فتتلف مكوناته ويقصر عمره

ونعطي بيانا ملخصا لأهم خصائص الإضاءة للمصابيح المختلفة تبعا للقياسات الدولية كما جاءت في الجدول رقم ٣-١٦ حيث يتبين الآن أن التدرج في شدة الإضاءة كما جاء الترتيب في الجدول ، كما أن عمر المصباح يتباين من قدرة إلي أخرى لذات النوع ومن مصنع إلي آخر لنفس القدرة الواحدة والنوع الواحد كما نجد أن أقصى إضاءة تواكب أسوأ تمييز الألوان وهذا الجدول خير معين لتحديد المصباح المناسب للغرض المحدد له وهو من أهم معايير التصميم الخاصة بهذا العمل سواء كانت الإضاءة داخلية أو خارجية وهو مكملا لباقي الجداول السابق ذكرها في هذا الباب وما سبقه .

الجدول رقم ٣- ١٦ : مقننات المصابيح القياسية

مصباح	متوهج	فلورسنت	زئبق	هاليد	صوديوم عالي	صوديوم منخفض
قدرة (و)	١٥٠٠-٦	٢١٥-٤	١٠٠٠-٤٠	١٥٠٠-١٧٥	١٠٠٠-٧٠	١٨٠-٣٥
كفاءة (لومن/و)	٢٣-٦	٨٤-٢٥	٦٣-٣٠	١٢٥-٦٨	١٤٠-٧٧	١٨٣-١٣٧
إضاءة (ك. لومن)	٣٣,٦-٠,٠٤٤	١٥-٠,٠٩٦	٦٣-١,٢	١٥٥-١,٢	١٤٠-٥,٤	٣٣-٤,٨
حرارة (ك. ك.)	٣,١-٢,٤	٦,٥-٢,٧	٥,٩-٣,٣	٤,٧-٣,٢	٢,١	١,٧٥
عمر (ك.س)	٨-٠.٧٥	٢٠-٩	٢٤-١٦	١٥-٦	٢٤-٢٠	١,٨
تمييز لوني	جيدة	جيدة	قليلة	جيدة	قليلة	قليلة جدا
تكلفة أولية	منخفضة	متوسطة	متوسطة	عالية	عالية	متوسطة
تكلفة تشغيل	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	قليلة	قليلة	قليلة

٣-٥ : التحليل الرياضي Mathematical Analysis

نتعامل مع المعادلات الرياضية الخاصة بكيفية حساب قوة الإضاءة أو الكفاءة وما هي العلاقة بين تلك الأشعة في الاتجاهات المختلفة في الفراغ ونبدأ بالعلاقة بين الزاوية الفراغية solid angle والزاوية السطحية surface angle ومن ثم نجد من الشكل رقم ٣-٦ نستطيع التعرف علي الزوايا ونحصل علي المساحة التي تخص السطح المضاء بين حدود البعدين الممثلين لنصف القطر الدائري r والنقطة الأبعد علي هذا السطح H عن نقطة الحافة عند نصف القطر الدائري وتأخذ الصيغة

$$A = 2\Pi \int_{r-H}^{r} y\, ds \qquad (3-6)$$

علما بأن المساحة الصغيرة ds تتعرف من القيمة الصغيرة dx علي النحو

$$ds = [1 + (dy/dx)^2]^{1/2}\ dx \qquad (3-7)$$

وباعتبار أن السطح كروي وبالتالي نحصل من معادلة الدائرة علي الصيغة التفاضلية لها في الشكل

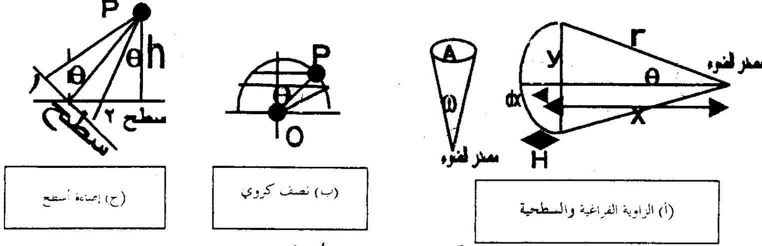
$$2y\,(dy/dx) = -2x \qquad \& \qquad dy/dx = -x/y$$

ومن ثم نحصل علي المساحة السطحية في الصورة

$$A=2\Pi \int_{r-H}^{r} y[1+(y/x)^2]^{1/2}\, dx = 2\Pi \int_{r-H}^{r} r\, dx = 2\Pi r\, h \qquad (3-8)$$

بينما الزاوية الفراغية ω تتحدد من المعادلة

$$\omega = A/r^2 = 2\Pi\, r\, H / r^2 = 2\Pi\, H / r \qquad (3-9)$$



الشكل رقم ٣-٦: زوايا وأسطح الضوء

كما تأخذ القيمة الخاصة بالبعد الأقصى H بدلالة الزاوية θ الشكل

$$H = r - r\cos(\theta/2) \qquad (3-10)$$

فنحصل علي الزاوية الفراغية في الشكل البسيط

$$\omega=2\Pi\,[r-r\cos(\theta/2)]/r=2\Pi[1-\cos(\theta/2)] \qquad (3-11)$$

كما تكون الإضاءة علي أي سطح محددة بدلالة قوة الشمعة cp وهذه الزاوية الفراغية والمسافة بين السطح المضاء ومصدر الضوء d من خلال

$$E = \phi/A = cp \times \omega/A = (cp/A)(A/d^2)=cp/d^2 \qquad (3-12)$$

أولا : قانون الإضاءة Illumination Law

عند إضاءة سطح ما فانه يقع علي نصف الكرة في الفراغ كما في الشكل رقم ٣-٦ (ب) وكي تكون شدة الإضاءة متجانسة علي هذه المساحة نفرض النقطة P علي الزاوية θ من مصدر الضوء في مركز الكرة O وبالتحرك علي المساحة المضاءة مسافة قصيرة جدا تقابل تغيير في الزاوية قيمته dθ وهو ما يعني أننا تحركنا علي المساحة بمقدار العرض r dθ بينما الطول هو $2\pi r \sin\theta$ وبذلك تصبح المساحة A هي

$$A = 2\pi r \sin\theta \; r\, d\theta = 2\pi r^2 \sin\theta \, d\theta \qquad (3\text{-}13)$$

ولها إسقاط مساحي بمقدار A cos θ حيث تقابل هذه المساحة الزاوية الفراغية ω والتي بالقيمة

$$\omega = A/d^2 = [2\pi r^2 \sin\theta \, d\theta]/r^2 = 2\pi \sin\theta \, d\theta \qquad (3\text{-}14)$$

نحصل علي الفيض في الصورة

$$\Phi = L\,x = B\,A\cos\theta\,(2\pi \sin\theta\, d\theta) = 2\pi B A \sin\theta \cos\theta\, d\theta = \pi B A \sin 2\theta\, d\theta \qquad (3\text{-}15)$$

يكون الفيض الضوئي المؤثر نتيجة الاستضاءة Brightness عند النقطة المعنية P الواقعة علي المساحة A في نصف الكرة المبين علي الشكل هو

$$\Phi = \int_0^{\pi/2} \pi B A \sin 2\theta\, d\theta = \pi B A \left[-(\cos 2\theta)/2\right]\Big|_0^{\pi/2} = \pi B A \qquad (3\text{-}16)$$

أما الاستضاءة فهي الممثلة للمساحة في الشكل

$$B = \Phi/(\pi A) = (cp)/(\pi A) = 1/\pi \qquad (3\text{-}17)$$

حيث أن وحدة الاستضاءة هي $\text{Lambert} = 1/\pi\ (\text{candles/ft}^2)$

أن وحدات الضوء المختلفة قد ذكرت في بداية الباب الأول ونوضح منها ما هو هام مثل :

الفيض الضوئي بالمخروط =قدرة الشمعة (cp)×الزاوية الفراغية (لومن) (٣-١٨)

يصبح بذلك الإضاءة عند نقطة علي مساحة هي:

الإضاءة E = الفيض x المساحة (٣-١٩)

كذلك من المعروف أن الزاوية الفراغية تتحدد من العلاقة

الزاوية الفراغيةω = المساحةA/ مربع المسافة r^2 (لومن /سم٢) (٣-٢٠)

وتصبح شدة الضوء في اتجاه محدد في الصورة :

شدة الضوء I=الاستضاءة في هذا الاتجاه/الزاوية الفراغية (٣-٢١)

وتكون في هذه الحالة هي ω / ω أي لومن/ ستيرديان (Lumen / Steradian) أي لكل وحدة من الزاوية الدائرية مما يفيد أن شدة الضوء ثابتة في ذات الاتجاه الواحد ويلاحظ أن السطح المواجه تماما لمصدر الضوء يستقبل أكثر شدة عن غيرة من الأسطح التي قد تميل علي اتجاه الضوء فإذا كانت زاوية ميل الضوء هي المحددة بالقيمة فنحصل علي شدة

الضوء بقيمة الكانديلا مقسومة علي مربع المسافة فيكون بذلك مساويا (الفيض / مساحة السطح الساقط عليه الأشعة) فإذا تباينت الزوايا كما في الشكل تصبح القيمة كما يلي :

$$E(surface\ 1)= \phi/A(1)\ \ \&\ E(surface\ 2)= \phi/A\ (2) \qquad (3\text{-}22)$$

إذا كانت الزاوية بين المساحتين هي θ فتصبح الإضاءة علي السطح ٢ هي

$$E\ (\ surface\ 2) = [\ \phi/A\ (1)]\cos\theta = cp\ /\ r^2 \qquad (3\text{-}23)$$

ولما كانت الزاوية هنا تعرف بجيب تمامها المساوي للنسبة (h/r) حيث h يمثل الارتفاع العمودي علي السطح ٢ بينما r تمثل البعد العمودي عن السطح ١ ، فنجد الإضاءة علي السطح رقم ٢ سوف تأخذ الصيغة

$$E\ (\ surface\ 2) = (cp\ /\ r^2)\ \cos^3\theta \qquad (3\text{-}24)$$

وهو ما يعرف بقانون لامبرت Lambert للإضاءة ، كما أنه توجد بعض المسميات الهامة والتي لم تذكر ومنها ثلاث مسميات بخصوص متوسط القدرة الضوئية وهم :

١ - متوسط القدرة الأفقية Mean Horizontal Candle Power :

تعني متوسط القدرة بوحدات الكانديلا في جميع الاتجاهات علي المستوي الأفقي ويرمز لها بالرمز MHCP

٢ - متوسط القدرة الكروية Mean Spherical Candle Power :

تعني القدرة المتوسطة في كل الاتجاهات في جميع الأسطح الداخلة في الفراغ ويرمز لها بالرمز MSCP وهي

$$MSCP = total\ \phi\ /\ 4\pi \quad candela \qquad (3\text{-}25)$$

وهذا يعني التغير علي خط مستقيم بين كلا من متوسط القدرة الكروية والفيض الضوئي الكلي بزاوية ميلها يساوي $(1/4\pi)$

٣ - متوسط القدرة نصف الكروية Mean Hemispherical Candle Power :

تعني متوسط القدرة الضوئية في كل المسطحات تحت المستوى الأفقي ويرمز لها بالرمز MHSCP وتعطي

$$MSCP = total\ \phi\ /\ 2\pi \quad candela \qquad (3\text{-}26)$$

كما توجد العلاقة الرياضية بين الثلاث كميات هذه في الصيغة

متوسط قدرة نصف كروية=متوسط قدرة كروية/متوسط القدرة الأفقية (٣-٢٧)

والجدول رقم ٣ - ١٧ يعطي هذه القيمة محسوبة لبعض مقننات شدة الضوء باللومن كما يبين أيضا تأثير المسافة والبعد عن مصدر الضوء إضافة إلي قيمة الضوء الساقط علي المسطحات العمودية مع المصدر أو تلك المائلة في الفراغ بزوايا مختلفة مبينا أن الأسطح المتوازية مع الضوء لا تستقبل أي ضوء مواز لها .

من هذا يبين لنا أن الإضاءة تتناقص بشدة مع المسافة الزائدة ولذلك يجب أن تكون المصادر الضوئية ضعيفة وعديدة في المسافات البعيدة وعلي العكس للمسافات القريبة فتكون شديدة القوة وغامرة للقدر المطلوب مثل أباجورة المكتب علي سبيل المثال كما نستطيع الحصول علي بعد السطح عن المصدر الضوئي لتكون الإضاءة الأفقية أقصي ما يمكن فنجد السطح علي ارتفاع h وتكون أبعد نقطة علي بعد d من إسقاط المصدر الضوئي لها شدة إضاءة هي

الجدول رقم ٣- ١٧ : بعض المقننات لعدد من المصادر بشدة مختلفة بوحدة (لوكس)

شدة الضوء (لومن)	٢٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠	٨٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٠٠	٥٠
MSCP (cp)	١٥٩,٢٣	١١٩,٤٢	٧٩,٦٢	٦٣,٧	٣٩,٨١	١٥,٩٢	٧,٩٦	٣,٩٨
MHSCP (cp)	٣١٨,٤٧	٢٣٨,٨٤	١٥٩,٢٤	١٢٧,٤	٧٩,٦٢	٣١,٨٤	١٥,٩٢	٧,٩٦
سطح مواجه ٢ م	٥٠٠	٣٧٥	٢٥٠	٢٠٠	١٢٥	٥٠	٢٥	١٢,٥
سطح مواجه ٤ م	١٢٥	٩٣,٧٥	٦٢,٥	٥٠	٣١,٢٥	١٢,٥	٦,٢٥	٣,١٢
سطح مواجه ٦ م	٥٥,٥٥	٤١,٦٦	٢٧,٧٧	٢٢,٢٢	١٣,٨٩	٥,٥٥	٢,٧٧	١,٣٩
سطح مائل ٦٠ ^{o} علي بعد ٢ م	٢٥٠	١٨٧,٥	١٢٥	١٠٠	٦٢,٥	٢٥	١٢,٥	٦,٢٥
سطح مائل ٦٠ ^{o} علي بعد ٤ م	٦٢,٥	٤٦,٨٨	٣١,٢٥	٢٥	١٥,٦٢	٦,٢٥	٣,١٢	١,٥٦
سطح مائل ٦٠ ^{o} علي بعد ٦ م	٢٧,٧٧	٢٠,٨٣	١٣,٨٨	١١,١١	٦٩٤٥	٢,٧٧	١,٣٨	٠,٦٩٥

$$I=cp/[(d^2+h^2)]^{1/2}\} \cos\theta = cp \cos^3\theta / h^2 = cp\ h/(d^2+h^2)^{3/2} \quad (3\text{-}28)$$

بينما يلزم الحصول علي تفاضل هذه الشدة بالنسبة للمتغير وهو الارتفاع (البعد) عن مصدر الضوء وبالتالي نحصل علي المعادلة

$$dI/dh=cp[(d^2 + h^2)^{-3/2}+h(-3/2)\ 2h\ (d^2+h^2)^{-5/2}] \quad (3\text{-}29)$$

وبعد هذه المعادلة نصل إلي قيمة الضوء في الصورة

$$cp = [(d^2 + h^2)^{-3/2} - 3 h^2 (d^2 + h^2)^{-5/2}] \quad (3\text{-}30)$$

للحصول علي القيمة القصوى نساوي التفاضل بالصفر فنتوصل إلي الشرط التالي

$$1 - 3 h^2 / (d^2 + h^2) = 0 \quad (3\text{-}31)$$

من هذه المعادلة البسيطة تتحدد قيمة الزاوية أو بعد النقطة نسبة إلي ارتفاع السطح حيث نجد

$$h = 0.707\ d \ \text{ or } \ \theta = 45^o \quad (3\text{-}32)$$

ثانيا : المنحني القطبي Polar Curve

ظهر في الشرح السابق أن قوة الإضاءة غير متساوية ليس فقط في الفراغ بل أيضا في المسطح الواحد وهذه الشدة تأخذ شكلا غير منتظما وهذه العلاقة ترسم للمسطح الواحد وهو أما أن يكون أفقيا ويسمي في ذلك الوقت المنحني الأفقي القطبي أو رأسيا

ويكون المنحني القطبي الرأسي ويكون حول المسطح الرأسي من الزاوية ٠ ـ ١٨٠ درجة بعكس الأفقي (محورين أفقي وعمودي x. y) .

نجد في الشكل رقم ٣ ـ ٧ كيفية استنتاج منحني روثيو Rousseau من المنحني القطبي الرأسي حيث ترسم دائرة حول المنحني القطبي بمركزها عند مركز المنحني وخارجه عنه وترسم بعد ذلك أنصاف الأقطار للزوايا المختلفة θ وطول الخط علي كل نصف قطر يمثل قيمة شدة الضوء I بوحدات cp عند هذه الزاوية كما هي المنحني القطبي وبذلك يعطي الرسم الجديد العلاقة بين الكانديلا والزاوية في المسطح الرأسي . وللحصول علي القيمة الرياضية نأخذ الزحزحة بالزاوية dθ فنحصل علي المساحة داخل المستطيل المظلل بنصف قطر استدارة r cos θ في المستوي الأفقي كإسقاط بعرض r dθ بالقيمة

الشكل رقم ٣–٧: منحني روثيو من القطبي

$$A = 2\pi\ (r\cos\theta)\ (r\ d\theta) = 2\pi r^2 \cos\theta\ d\theta \quad (3\text{-}33)$$

وتقابلها الزاوية الفراغية

$$\omega = 2\pi r^2 \cos\theta\ d\theta / r^2 = 2\pi \cos\theta\ d\theta \quad (3\text{-}34)$$

أما الفيض فهو دالة في شدة الإضاءة ويعطي بالقيمة

$$\Phi = I \quad \omega = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} 2\pi\ I \sin\theta\ d\theta \qquad (3\text{-}35)$$

الا أن شدة الضوء هنا عبارة عن دالة الزاوية θ في نفس الوقت مما يجعل الحل الرياضي صعبا وبهذا نحتاج إلي أسلوب لتبسيط المعادلة وتخطي درجة الصعوبة فتاتي من خلال المنحني المستنتج كما أن العلاقة بين الزوايا المختلفة في الفراغ لهذا المستوي نضعها من الشكل الرياضي :

$$pq = sq \quad \& \quad \alpha+\beta = 90 = \lambda + \beta = \alpha + \theta \qquad (3\text{-}36)$$

حيث هذه الزوايا موضحة علي الشكل رقم ٣-٨ وهي للمسطح عند النقطة P وهو ذو شكل كروي وتكون العلاقات بين هذه الزوايا علي الأبعاد الثلاثية وتتعامل مع الإسقاط في اتجاه الضوء ، وعند تساوي الزاويتين θ = β نحصل علي قيمة الخط st في الصورة

$$st = pq \cos\beta = py \cos\theta = r\, d\theta \cos\theta \qquad (3\text{-}37)$$

الشكل رقم ٣-٨ : إنارة الطرق

أما المساحة المقابلة للتغير الصغير في الزاوية فنحصل عليه بسهولة بالمعادلة

$$dA = st\ I = (r \cos d\theta)\ I \qquad (3\text{-}38)$$

من ثم نحصل علي المساحة تحت المنحني في الشكل

$$\Phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} Ir \sin\theta\ d\theta \qquad (3\text{-}39)$$

ونحصل علي القيمة المتوسطة لها بالقسمة علي القاعدة 2r وتأخذ الشكل

$$\Phi = (1/2r) \int_{-\pi/2}^{\pi/2} Ir \sin\theta\ d\theta \qquad (3\text{-}40)$$

كما يتبين هنا أن متوسط الضوء الكروي يعادل الارتفاع المتوسط للمنحني أما متوسط الضوء في نصف الكرة يكون من بناء المنحني له من المنحني القطبي الرأسي وهذا الرسم نستطيع التعامل معه سواء بالرسم أو بالطرق الرياضية .

نري في الشكل رقم٣-٨ أيضا طريقة حساب الضوء وشدته في نقطة ما علي السطح الأفقي لطريق مثلا أو في ورشة أو في حجرة بأسلوب التجميع الضوئي وهو ما يساعد علي توفير الطاقة ويحسن من توزيع الضوء علي المسطح كله ،وقد سبق التعرض لنوعية تصميم الضوء علي الطرق وهذه الطريقة واحدة منهما ، فمثلا اذا كانت هذه المصابيح قد وضعت علي ارتفاع ٤,٥٧٥ متر فوق سطح الأرضية في طريق داخلي بتباعد ٩,١٥ متر بين كل مصباحين بقدرة ١٠٠ لومن في كل الاتجاهات تحت مستوي الأفقي فأن الإضاءة تتأرجح نسبة إلي بعدها عن مجموع المصابيح وبالتالي يظهر حدين أقصى وأدنى لها وتكون الإضاءة في نقطة ما نتيجة المصباح الواحد هي

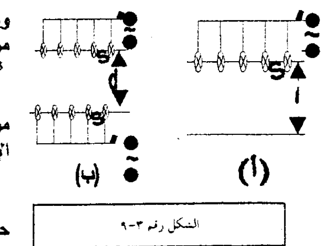
$$(100 / 4.575^2) \cos^3\theta = (100 / 20.93) \cos^3\theta \qquad (3\text{-}41)$$

هذه الزاوية تؤخذ مع الاتجاه الرأسي وتكون العلاقة تبعا المعطاة عالية علي النحو

$$\tan\theta_1 = (18.3+x) / 4.575 \qquad (3\text{-}42)$$

$$\text{then } d(\tan\theta_1)/dx = \sec^2\theta_1\ d\theta_1/dx = 1/4.575 \qquad (3\text{-}43)$$

$$\text{or } d\theta_1/dx = \cos^2\theta_1 / 4.575 \qquad (3\text{-}44)$$



الشكل رقم ٣-٩

ويتكرر نفس المبدأ مع كل الزوايا ونحصل علي إجمالي الإضاءة من كل المصابيح في نقطة ما في الشكل

$$= (100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + ...] \qquad (3\text{-}45)$$

من أجل الوصول إلي القيمة القصوى والدنيا يجب تفاضل هذه الإضاءة ككل فنحصل علي

$$d\{(100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + ...]/dx = 0 \qquad (3\text{-}46)$$

حيث x تعبر عن بعد النقطة عن أقرب مصباح في اتجاه الأفقي (محور الحركة) ونصل إلي

$$- (100 / 20.93) \times 3 [\cos^2 \theta_1 \sin \theta_1 \, d\theta_1/dx + ...] = 0 \qquad (3\text{-}47)$$

وبعد ذلك نصل إلي إجمالي الضوء لنقطة ما عن كل مصادر الضوء في الصورة

$$=- (100 / 20.93) \times ¾.575 [\cos^4 \theta_1 \sin \theta_1 + \cos^4 \theta_2 \sin \theta_2 + \cos^4 \theta_3 \sin \theta_3 - \cos^4 \theta_4 \sin \theta_4 - \cos^4 \theta_5 \sin \theta_5 ...] = 0 \qquad (3\text{-}48)$$

وفي الحالة هذه نجد أن أقصى إضاءة سوف تأتي في النقطة المتوسطة الداخلية بين المصابيح جميعا بينما يمكن حساب كل نقطة تحت المصباح منهم وكذلك بين كل أثنين متتاليين لأنها النقاط الحدودية في هذا النطاق.

كما أن إضاءة الطرق تتبع المناهج المختلفة فمنها ما يعتمد علي أسلوب توزيع الإضاءة علي سطح الطريق كما نري في الشكل رقم ٣-٩ حيث نجد الطريق الضيق أو الشارع الصغير بعرض d ويكون له توزيعا للمصابيح كما هو مبين في الشكل أ علي جانب واحد أو في الشكل ب علي جانبي الشارع وكلاهما له من الخصائص الذاتية فمثلا في النوع الأول نجد أن التغذية الكهربية تتم بكابل واحد ومفتاح كهربي C B واحد بينما في الثاني تحتاج إلي أثنين ولكن بمقطع أقل من الأول وبالرغم من التوفير في النوع الأول إلا أن التوزيع الثاني يكون له من البساطة والاعتمادية reliability الأفضل ففيه يمكن أن تتم نصف الإنارة كما يجوز تشغيل نصف الإضاءة إذا انهار أحد الكابلين أو أي من أجزاء دوائره بينما في الحالة الأولي لن تتمكن من ذلك ، ونجد أن المصابيح توضع في صف مستقيم بمسافة بينية span هي S ويكون ارتفاع height لكل مصباح هو h .

الشكل رقم ٣-١٠

إضافة إلي ما سبق فهناك أسلوب مختلف لتناول موضوع الإضاءة من علي الجانبين فهو إما أن يضع المصابيح علي نفس الخط من كل جانب أي أن المصباح العلوي والسفلي بالرسم يكون علي خط متعامد مع الخط الجانبي لرص المصابيح علي الجانب أو يكون هناك تبادلا بين وضع المصابيح كما هو مبين في الشكل ٣-٩ (ب) حيث تكون الإضاءة أكثر توزيعا ويقل الفارق بين الإضاءة الأقصى والأقل علي سطح الشارع ككل .

الشكل رقم ٣-١١

هناك أيضا أسلوبا أفضل مما سبق عندما يتسع عرض الطريق ويكون هناك مسارين (اتجاهين) متعاكسين فيكون أسلوب الإضاءة من منتصف الطريق كما في الشكل رقم ٣-

١٠ حيث يعطي الرسم عددا من المناهج المتبعة في هذا الشأن ففي (أ) نجد الإنارة بالكامل من المنتصف أو تتحول الإضاءة إلي الجانبين فقط ويتبع معها ذات الأسلوب السابق في الشارع الضيق ولكن قدرة المصابيح ترتفع بينما في (ب) تصبح من المنتصف والجانبين في وقت واحد ولذلك يكون توزيع المغذيات بين المنتصف والجانبين أكثر تكلفة في مقابل البساطة والتمكن من التعامل مع أجزاء من الدائرة وإتاحة الفرصة للصيانة مع عدم إظلام الطريق تماما بل من الممكن التعامل معه جزئيا في بعض الأحوال خصوصا إذا ما كانت الكابلات أحادية الطور هي المستخدمة تبعا لتعليمات الأمن الصناعي الخاصة بهذا الموضوع .
بالنسبة للتغذية فهي عادة تعتمد علي توزيع الأحمال علي الكابلات الثلاثية كي يكون التحميل متماثل ومتزن بين الأوجه المختلفة كما نراه في الشكل رقم ٣-١١ وهو ما يجب مراعاته في مثل هذه التطبيقات

ثالثا : مسائل Problems

1- A lamp having a uniform 200 cp in all directions is provided with a reflector, which directs 60 % of total light uniformly on a circular area of 10 m diameter. It is installed at 6 m height. Find the illumination at center & edges in both cases if the reflector is used or not. Deduce the average value without the reflector only.

طريقة الحل : نتعامل مع المسالة من خلال الخطوات التالية: Flux = = mscp x4 π = 200 x 4π

Without reflector, Illumination at center = 200 / (6^2) = 5.55 lux

Illumination at edge = 5.55 cos θ = 5.55 x (6/7.41) = 4.26 lux

Solid angle = 2 π [1 – cos (θ /2)] = 2π (1 – 0.9405) = 0.372 steradian

= 200 x 0.372 = 74 lumens & I = 74.4 / 25 = 0.944 lux

With reflector, Illumination at center or edge = 200 x 4 π x 0.6 / 25 π= 19.2 lux

2- A lamp takes 1.2 A at a voltage of 230 V and it emits 4200 lm. Find its efficiency in MSCP/W & lm/W where this lamp type can be changed. If this lamp has been replaced by another one to take only 1 A and emits 4400 lm, find the same above with a variation in the voltage supply between 190 and 230 V.

طريقة الحل : إذا تغير نوع المصباح فيصبح معامل القدرة cos Ψ متغير فهو للمصباح المتوهج الوحدة وللمصباح فلورسنت يساوي ٠,٤ تقريبا بينما للصوديوم والزئبق قد يزيد عن ذلك ونجد الحسابات التي تخص هذا التغير قد ظهرت في الجدول رقم ٣- ١٨ بعد الاعتماد علي المعادلات الأساسية في الحساب وهي

$$MSCP/W = (Total\ Flux\ \Phi / 4\pi) / (VI \cos \Psi) \qquad (3\text{-}49)$$

$$lm / W = Total\ Flux\ \Phi / (VI \cos \Psi) \qquad (3\text{-}50)$$

الجدول رقم ٣- ١٨ : حسابات كفاءة الاضاءة عند الجهد ٢٣٠ ف

معامل القدرة	١	٠,٤	٠,٥	٠,٦
نوع المصباح	متوهج	فلورسنت	صوديوم	زئبق
MSCP/W	١,٢١	٣,٠٢٥	٢,٤٢	٢,٠١٦
lm / W	١٥,٢	٣٨	٣٠,٤	٢٥,٣٣

في حالة تغير الجهد تتكرر هذه الحسابات ونحصل علي النتائج الموضحة في الجدول ٣-١٩ .

الجدول رقم ٣-١٩ : حسابات كفاءة الإضاءة عند تغير الجهد

جهد	١٩٠ ف			٢٠٠ ف			٢٣٠ ف		
معامل القدرة	١	٠.٤	٠.٦	١	٠.٤	٠.٦	١	٠.٤	٠.٦
MSCP/W	١.٨٤	٤.٦٠٥	٣.٠٧	١.٧٥	٤.٣٧٥	٢.٩١٦	١.٥٢٢	٣.٨٠٤	٢.٥٣٦
lm / W	٢٣.١٧	٥٧.٩٢	٣٨.٦١	٢٢.٠١	٥٥.٠٣	٣٦.٦٨	١٩.١٣	٤٧.٨٥	٣١.٩

3- If the 900 lumens lamp has been placed inside a 30.5 cm spherical globe of frosted glass. calculate the cp of the globe and estimate that the percentage of light emitted by the lamp as the same absorbed by the globe. Consider that the brightness is uniform of 250 milli Lambert in all directions.

طريقة الحل :

Candles = A cos θ x candles / cm² = $(\pi/4)\,(30.5)^2 \times (250 \times 10^{-3}/\pi) = 58$ cp

Globe flux = 58 x 4 π = 728 lm Absorbed flux by globe = 900 – 728 = 172 lm

Percentage absorbed = 172 / 900 = 19.1 %

4- A white screen receives a parallel beam of light from a projector placed a 20 m from it. The illumination on the screen will be 60 000 lx and a 60 % of the total light emitted from the arc passes into the beam. The absorbed light by the intervening air will be assumed as 5 % of the beam light. Calculate the MSCP of the arc if the screen diameter is varied between 1 & 1.5 m.

طريقة الحل : نتيجة التغير في القطر الخاص بالشاشة تتغير المساحة ومن ثم توزيع الفيض وكفاءة الإضاءة وهذه النتائج قد جاءت في الجدول رقم ٣- ٢٠ .

الجدول رقم ٣ - ٢٠ : نتائج الحسابات نتيجة تغير قطر الشاشة

قطر (م)	١	١,١	١,٢	١,٣	١,٤	١,٥
مربع القطر	١	١,٢١	١,٤٤	١,٦٩	١,٩٦	٢,٢٥
مساحة (م٢)	٠,٧٨٥	٠,٩٥	١,١٣	١,٣٢٧	١,٥٣٩	١,٧٦٦
فيض ساقط (لومن)	٤٧١٠	٥٧٠٠	٦٧٨٠	٧٩٦٢	٩٢٣٤	١٠٥٩٦
فيض الشعاع (لومن)	٤٩٥٨	٦٠٠٠	٧١٣٧	٨٣٨١	٩٧٢٠	١١١٨٤
فيض متاح (لومن)	٨٢٦٣	١٠٠٠٠	١١٨٩٦	١٣٩٦٨	١٦٢٠٠	١٨٥٩٠
MHSCP	١٣١٥,٨	١٥٩٢	١٨٩٤	٢٢٢٤	٢٥٨٠	٢٩٦٠

5- Given the polar curve about the vertical axis of the lamp (6 m height) at different angles as shown in Table 3-21 . Find the intensity distribution and draw the illumination curve.

Table 3- 21 : Polar Curve

Cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ°	0	10	20	30	40	50	60	70

طريقة الحل : نتائج الحساب تعتمد علي الزاوية والارتفاع العامودي علي السطح حيث تتغير شدة الإضاءة مع تغير الزاوية المقابلة للمنحنى القطبي وقد جدولت في الجدول رقم ٣- ٢٢

الجدول رقم ٣- ٢٢ : حسابات التوزيع الإضائي تبعا للمنحنى القطبي

cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ	0	10	20	30	40	50	60	70
$Cos^2\ \theta$	1	0.985	0.94	0.866	0.765	0.643	0.5	0.342
$Cos^3\ \theta$	1	0.955	0.83	0.65	0.448	0.265	0.125	0.04
Cp/h^2	13.9	15.55	16.68	14.45	11.12	8.34	4.16	1.39
I	13.9	14.8	13.8	9.33	5	2.22	0.55	0.055
Tan θ	0	0.1763	0.364	0.5774	0.839	1.192	1.732	2.748
d=h tan θ	0	1.0578	2.184	3.464	5.034	7.152	10.39	16.488

6- A 60 cd 250 V metal filament lamp has tested at voltages (V) as 240 & 260 V and gives light intensity (I) of 50 & 70 cd, respectively. Deduce the constants of this lamp if it yields one of the following expressions:

$I = A\ V^{\gamma}$, $I = (A+10^{-9})\ V^{\gamma}$ or $I = (A+10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$

If the voltage is varied within a different range as 5 , 7 or 10 % higher or lower, find the corresponding change in luminous intensity.

طريقة الحل : نظرا للتغير في المعاملات المختلفة نضع الحل في الصورة العامة ثم نحصل علي النتائج كما في الجدول رقم ٣- ٢٣ .

الجدول رقم ٣- ٢٣ : حسابات ثوابت الإضاءة ونسبة تغيرها لمختلف الحالات

المعادلة	$I = (A+10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$	$I = (A+10^{-9})\ V^{\gamma}$	$I = A\ V^{\gamma}$
نسبة جهدي الاختبار	١,٤	١,٤	١,٤
قيمة الأس γ	٥,٢١	٤,٢١	٤,٢١
قيمة الثابت A	(١٠)$^{-٤}$ ١,٦٩	(١٠)$^{-٩}$٣,٧٧	(١٠)$^{-٩}$٤,٧٧
نسبة تغير الجهد (%)	١٠	٧	٥
نسبة شدة الإضاءة	(٠,٩)^{٥,٢١}	(٩٣)^{٤,٢١}	(٩٥)^{٤,٢١}
تغير شدة الإضاءة	١- ٠,٥٧٧٥	١- ٠,٧٣٧	١-٠,٨٠٦
نسبة الفقد (%)	٤٢,٢٥	٢٦,٣	١٩,٤

7- An open space is lighted in all directions under the horizontal surface by three 1000 cd lamps which are placed 15 m apart at the corners of an equilateral triangle, the lamps being hung 6 m above the working surface. Deduce the illumination at :

(a) A point vertically below the midway between two lamps

(b) A point at the center of the space (c) The total flux

طريقة الحل : بالنظر إلي الشكل رقم ٣- ١٢ نجد أن الإضاءة عند النقطة N تعطى بالصيغة

$aN = ac \cos 30$,

$AN - d_1 = [\ y^2 + aN^2\ ]^{1/2} = [\ y^2 + 3x^2/4\ ]^{1/2}$

$bN = x/2$ & $d_2 = [\ y^2 + x^2/4\ ]^{1/2}$

باعتبار أن الإضاءة تتبع البعد فنصل إلي

$E_B = E_C = I \cos \theta_2/d_2^2 = (I/d_2^2)(y/d_2) = Iy/d_2^3 = Iy/[y^2+x^2/4\ ]^{3/2}$

$E_A = I \cos \theta_1/d_1^2 = (I/d_1^2)(y/d_1) = Iy/d_1^3 = Iy/\ [\ y^2 + 3x^2/4\ ]^{3/2}$

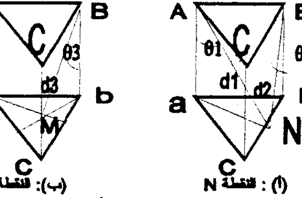
Total Illumination at N = $E_A + E_B + E_C$ =

$= Iy/\ [\ y^2 + x^2/4\ ]^{3/2} + 2\ \{\ Iy/\ [\ y^2 + 3x^2/4\ ]^{3/2}\ \}$ =

$= 1000 \times 6\ \{1\ /\ [\ 6^2 + 169\ ]^{3/2} + 2\ /\ [\ 36 + 56.25]^{3/2}\ \} = 15.6$ lx

At point M we have:

$Gb = Mb \cos 30$ & $Mb = 2\ Gb\ /\ (3)^{1/2} = x\ /\ (3)^{1/2}$



الشكل رقم ٣- ١٢ : توزيع أبعاد الإضاءة

$d_3 = BM = [y^2+x^2/3\ ]^{1/2}$

$E_M = 3\ I \cos\ \theta_3\ /\ d_3^2 = 3\ I\ y\ /\ d_3^2 = 3\ I\ y\ //[y^2+x^2/3\ ]^{3/2}$

$= 3 \times 1000 \times 6 / (36 + 75)^{3/2} = 15.38$ lx

since MHSCP = total flux / 2 π , then

Total flux = 2 π x 3 lamps x 1000 cd = 18850 lm

8- A street is illuminated by 70.5 m above surface lamps 15 m apart where the polar curve is given by Table 3-24 . Find an illumination curve for the middle of the road, from a point vertically below one lamp to a point on the road midway between two lamps. Light after 15 m length may be neglected.

Table 3-24

Angle to vertical	0	10	20	30	40	50	60	70
Luminous Intensity (cd)	160	180	190	170	140	100	75	50

طريقة الحل :

من الجدول السابق ومن الرسم المبين لتوزيع مصابيح الإضاءة والزوايا المقابلة لكل وضع منها عند النقطة الواقعة علي المسافة x من مسقط المصباح رقم ٢ نستطيع حساب هذه الزوايا رياضيا كما ورد في الجدول رقم ٣- ٢٥ بينما الإضاءة عند النقطة هذه تعتمد علي قانون الضوء لمربع جيب تمام الزاوية في الصورة

الشكل رقم ٣-١٣ : توزيع مصابيح الإضاءة بالموقع

$$E = I \cos^2 \theta \ / h^2$$

الجدول رقم ٣- ٢٥ : نتائج الحساب لإيجاد الإضاءة الكلية علي طول المسار

X (m)	0	1.5	3	4.5	6	7.5
θ_1	63 26	65 33	67 23	68 58	70 21	71 34
θ_2	0	11 18	21 48	30 48	38 39	45
θ_3	63 26	60 57	58	54 28	50 12	45
I from above Table	64	60	54	51	49	46
I from above Table	160	182	189	166	146	120
I from above Table	64	70	80	90	100	120
$\cos \theta_1$	0.4473	0.414	0.38	0.36	0.33	0.31
$\cos \theta_2$	1	0.9806	0.93	0.86	0.78	0.72
$\cos \theta_3$	0.447	0.486	0.53	0.58	0.64	0.72
$\cos^2 \theta_1$	0.0895	0.071	0.06	0.05	0.04	0.03
$\cos^2 \theta_2$	1	0.943	0.8	0.63	0.48	0.37
$\cos^2 \theta_3$	0.0895	0.114	0.15	0.16	0.26	0.37
E_1 (lx)	0.1018	0.076	0.054	0.04	0.03	0.03
E_2 (lx)	2.844	3.051	2.66	1.87	1.24	0.79
E_3 (lx)	0.1018	0.14	0.21	0.25	0.46	0.79
$E = E_1 + E_2 + E_3$ (lx)	3.048	3.27	2.93	2.16	1.74	1.61

الإضاءة المسرحية Theatre Illumination

تلعب الإضاءة في الحياة العصرية دورا هاما على كافه المستويات ولم يتوقف الاستخدام واسع النطاق لها على الأعمال اليومية بل امتد ليشمل ما هو أبعد من ذلك في بعض الحالات الحديثة سواء كانت في العمارة أو في الصناعة أو غيرهما ، كما يلزم التنويه على أن المسارح من وجهة النظر الكهربية تتشابه مع القاعات الكبرى ومع المكتبات الضخمة ذات الأغراض الخاصة ومع قاعات المؤتمرات الدولية وغيرهم في مجال الشبكات الكهربية ومدها أو أوضاع الإضاءة العامة وأدواتها ومشغلاتها .

٤-١ : نظرة شاملة General View

تعتمد جميع الأعمال الفنية والعادية على الإضاءة كوسيلة أساسية للرؤية المجردة ولكنه مع التطور الهائل في الأعمال المدنية والحضارة البشرية على البسيطة دخلت الإضاءة مجالات عدة لتلعب دورا أهم بجانب الرؤية ، ومن ثم توجهت أغلب أعمال الديكور والتزيين إلي نوعيات الإضاءة واستعانت بها لتصبح الأداة الرئيسية في بعض الأحيان ومن هذه التطبيقات نرى الأنواع المختلفة من مصابيح المطاعم الفاخرة والمنازل الراقية وغيرهما كما دخلت هذه الإضاءة في مجال التجميل وإظهار مفاتن الفنون والأعمال القديمة مثل إضاءة الآثار والمناطق الأثرية كما أنها تداخلت مع الفن المعماري لإضفاء اللمسة الجمالية فظهرت في العديد من الأبنية الحديثة بل وأصبحت من القواعد الأساسية.

أولا : أنواع المسارح Types

تتنوع المسارح من أثرية إلي حديثة أو ضخمة إلي صغيرة أو متعددة الطبقات أو وحيدة الدور إلي غير ذلك تبعا لما ينظمه المتخصصون المعماريون وما يضعوه من أسس لهذه التقسيمات ولكننا هنا سوف نتناول المسارح من الناحية الهندسية كهربيا فقط ولذلك سنتعامل مع النوع منها في الإطار التالي :

١ ـ المسارح المكشوفة (الصيفية) Outdoor Theatre

المناخ الصيفي الجميل الذي تتمتع به بلادنا يجعلنا نتميز عن تلك البلاد الباردة ويظهر عندنا مثل هذا النوع المكشوف من الأبنية حيث لا تمطر السماء ومن أهم هذه الأبنية تلك التي تخص الأحوال الترفيهية والثقافية مثل دور السينما والمسارح والملاهي المكشوفة وغيرها ونحن هنا نتعامل مع الأعمال الضوئية سواء كانت تلك الإنارة العادية أو الأعمال المسرحية ولكن لا يمكن أن تدخل أعمال الأوبرا داخل هذا النطاق لما تحتاجه من صمت وهدوء قد لا تتوفر في مثل هذه الدور ومن ثم كان التعامل مع الإضاءة المسرحية بشكلها المسرحي دون الموسيقى رفيعة المستوى وهذا كله يدخل في نطاق الأعمال المسرحية المعتادة من الناحية الكهربائية .

تتميز هذه النوعية من المسارح باتساع المساحة الأرضية إضافة إلي تركيز الأعمال الكهربية وشبكاتها علي الجوانب والأرضية فتزيد بذلك الكثافة الكهربية في وحدة المساحة الجانبية كما تحتاج هذه النوعية من المسارح إلي إضاءة أقل من تلك لغيرها من الأنواع .

٢- المسارح المغطاة (الشتوية) Indoor Theatre

تظهر الأبنية المغلقة كواحدة من الأساسيات المطلوبة عند التعامل مع الأحداث الهامة وهي لذلك تدخل في نطاق دور الأوبرا والموسيقى الكلاسيك والمعاهد الموسيقية والأكاديميات العلمية المتعاملة مع هذا الفن الراقي ، ويضاف إلي ذلك قاعات الاجتماعات الكبرى والسياسية وقاعات الاحتفالات القومية مثل مبنى المؤتمرات الدولية بمدينة نصر بالقاهرة وقاعة الاحتفالات الكبرى بجامعة القاهرة ودار الأوبرا المصرية بالجزيرة وغيرهم ، ومهما كانت النوعية فالتعامل مع الدوائر الكهربية والأجهزة الكهربية التي تخص هذه المناطق المغلقة من حيث الإضاءة المسرحية والموسيقى الراقية وكذلك التركيبات الكهربائية لمد هذه الشبكات الداخلية بجانب الإنارة المطلوبة لهذه النوعية من القاعات . فهي من حيث المبدأ تلك المسارح المعتادة والتي قد تشمل أكثر من طابق وقد تصل بها الأناقة كما في دور الأوبرا أو كما في دور السينما حيث يلعب السقف دورا هاما في الشبكات الكهربية سواء من جهة التغذية الكهربية أو من ناحية استخدامات الإضاءة وأنواعها المختلفة داخل القاعة المسرحية ، وتزيد هنا مساحات مسطحة في السقف لتعطي مسارات أخرى للشبكات الكهربية وهذه الأسقف تخضع لنوعين هامان من وجهة النظر الكهربية هما :

(أ) سقف عادي Normal Ceiling

يظهر هذا النوع من الأسقف في العديد من المسارح العادية أو دور السينما الصغيرة وفي قاعات المحاضرات العادية وتتم فيه أعمال الشبكات الكهربائية كالمعتاد في كل الأسقف في الأبنية المعتادة في العمارات أو الملاعب الشاسعة وليس هناك ما يمكن أن يزيد أكثر من أنه من الضروري تركيب شبكة البحث عن منشأ الحرائق وذلك من أجل حماية المشاهدين قبل حدوث الكارثة حال تواجدها وهي لا تختلف كثيرا عن ذلك النوع التالي من الأسقف ، ومن هذه الناحية نجد أن التوصيلات الكهربائية من الأنواع التقليدية Traditional Type والمستخدم فيه الخراطيم Hoses والمواسير Pipes وأدواتهم والملحقات المعروفة وذلك تبعا للمواصفات الفنية Technical Specification والقياسية والكود المصري Egyptian Code .

(ب) سقف معلق Suspension Ceiling

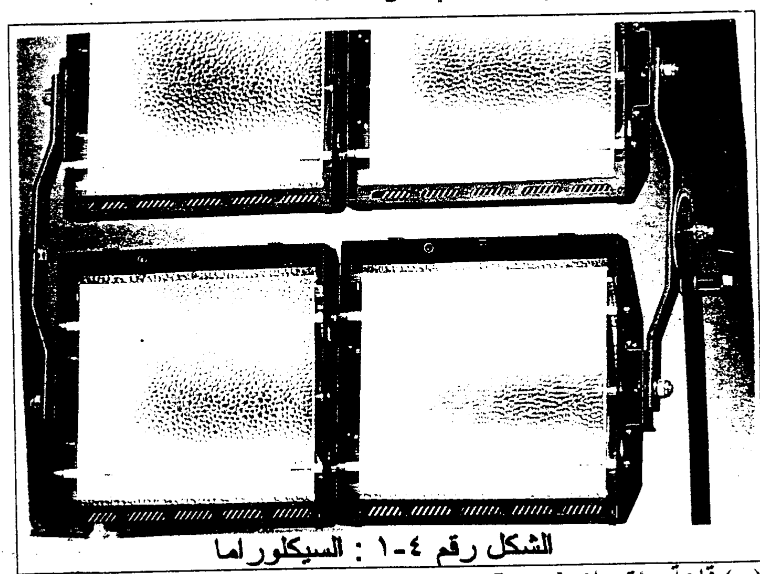
يعطى هذا النوع مساحة فنية أوسع للعمل مع الشبكات الكهربية والتعامل مع أجزائها المتباينة من تغذية أو إضاءة أو تشغيل أو تحكم بل ويسهل أمور الإمدادات الكهربية لكل الأجهزة العاملة علي السطح أو تحت السقف بما في ذلك أجهزة التكييف Air Conditioning Device سواء كان مركزيا أم لا ، ويمثل بذلك الفراغ ما بين السقف المسلح والآخر المعلق قناة صالحة لمسار الكابلات والأسلاك Wiring تختفي عن العين المبصرة وتسهل أعمال الصيانة والمراجعة .

ثانيا: مستوى الاستخدام المسرحي Operation Level

كما ذكر من قبل أن المسرح الصيفي يقرب من العمل العادي بينما المسرح الراقي مثل الأوبرا يعني مستويات أفضل ومن ثم لزم التنويه عن هذه النوعيات بإيجاز شديد لتبسيط الوضع أمام القارئ وتمهد للدخول في جوهر الموضوع ولذلك توضع الاستخدامات المسرحية في درجات متتالية كما هو آت :

(أ) مستوي عادي Normal Level

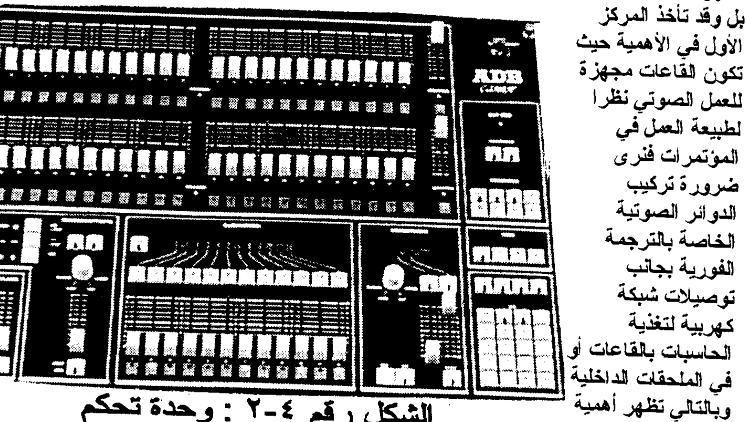
يأتي المستوى العادي للاستخدام المسرحي علي بداية الطريق في هذا المجال فنجد منه المسارح المتنقلة والمسارح المدرسية والمسارح الطلابية أو تلك في مراكز الشباب وهي لا تحتاج إلي التقنيات العالية ولا تعمل بصفة الاحتراف بل تدخل في دائرة الترفيه وفي بعض الأحيان في مجال الثقافة وقد تظهر في قصور الثقافة المنتشرة في كل أنحاء الجمهورية ، ويكفي في هذه النوعية البسيطة وجود الكشافات المعتادة وقد تكون السيكلوراما وهي تلك الواردة في الشكل رقم ٤- ١ حيث أعلي درجات التقنية المستخدمة وبشكل يدوي بالرغم من أنه قد تهتم الدولة بأي من هذه المسارح وتضع لها كل المساعدات لترقي وتصبح مجهزة علي أعلى المستويات .



الشكل رقم ٤-١ : السيكلوراما

(ب) قاعة مؤتمرات Conference Level

تظهر هنا النوعيات المتقدمة من الأعمال الفنية فتظهر الأعمال الصوتية بجانب الضوئية بل وقد تأخذ المركز الأول في الأهمية حيث تكون القاعات مجهزة للعمل الصوتي نظرا لطبيعة العمل في المؤتمرات فنرى ضرورة تركيب الدوائر الصوتية الخاصة بالترجمة الفورية بجانب توصيلات شبكة كهربية لتغذية الحاسبات بالقاعات أو في الملحقات الداخلية وبالتالي تظهر أهمية تواجد قاعة للتعامل مع الصحافة وأخرى للعمل في شبكة الإنترنت إضافة إلي ضرورة تواجد مستلزمات المحاضرات من عارض الحاسب بالفيديو وغيرها من الأدوات الأخرى ومكونات المنصة والقاعة المضافة للمؤتمرات الصحفية وإلقاء البيانات والتصريحات خصوصا إذا كانت القاعة تخضع للمستوى القومي ، ويجب التركيز علي مركز لخطوط الحاسب الآلي لتغطية كافة المناسبات .



الشكل رقم ٤-٢ : وحدة تحكم

لا يتوقف الوضع عند هذا الحد بل يمتد إلي ضرورة إضافة الأعمال الضوئية التي تخص الأعمال المسرحية حتى يكون المقر ملائما لعرض العروض المسرحية والتي عادة نحتاجها في حفلات الافتتاح والختام عند إقامة أي مؤتمر ، وهذا يعطي هذه القاعات درجة عالية من الأهمية كما يزيد من حجم الأعمال فيها والتي قد تتفوق عن الأعمال المسرحية في مسرح شيد لهذا الغرض فقط ويقدم الشكل ٤ - ٢ منظرا لأحد أشكال الوحدات الخاصة بالتحكم في الكشافات التي تصلح لمثل هذه الأعمال .

(ج) قاعة اجتماعات Official Meeting

ينعكس الحديث الوارد في البند (ب) علي هذا المجال حيث تأخذ الاجتماعات نفس الطراز الخاص بالمؤتمرات في الكثير من الصفات مع الفارق بينهما من حيث حجم القاعة أو طبيعة ترتيبها فنيا وإداريا .

(د) مستوي رفيع High Level

يتبع هذا المستوى كل الأعمال الراقية والتي تتعامل مع الموسيقى الراقية مثل الكلاسيك أو الأوبرا أو المسارح الغنائية (الأوبريت) وتحتاج إلي كل ما هو قد سبق الحديث عنه في كل المستويات السابقة إضافة إلي النوعيات الخاصة من الكشافات والأجهزة الآلية والتي

تعمل مع الحاسب الإلكتروني بجانب أعمال الموسيقى المضافة علي أجهزة العمل مع المنظمات الضوئية كما نراها في الشكل رقم ٤ - ٢ كأحد الأنواع القياسية المتداولة بالأسواق .

ثالثا: أنواع الإضاءة Classification

تعتبر الإضاءة بصورة عامة واحدة من أهم الخدمات الهندسية الضرورية والتي يتحدد عليها الشكل العام والذوق الفني أمام المشاهدين ولها محورين هما :

المحور الأول : الإضاءة العامة General Lighting

قد وصل الاهتمام بالإضاءة وتكنولوجيا الانتفاع بها إلي مستويات رفيعة خصوصا في تلك المسارح التي تعتمد علي الشكل المعماري وهذه تشمل نوعان من حيث المبدأ هما:

أولا : الإضاءة اليدوية Manual Lighting

تعتبر هذه النوعية من العمل قديمة ويجب تغييرها لأنها هي المتبعة منذ الظهور الأول للإضاءة بشكل عام كما أنها قد تستهلك كثيرا من الطاقة في المجمعات الضخمة والكبيرة ولكنها منتشرة لبساطة التعامل معها وهنا نفرد لها:

١ - إنارة الشوارع Street Lighting :

يتم إنارتها بشكل عام وعادة من داخل محطات الكهرباء مباشرة وتعمل بالأسلوب اليدوي ويقوم بذلك مهندسو المحطات حيث يتم تشغيلها مع بداية الليل وقت الغروب ويتم رفعها من الخدمة مع أول ضوء الشروق غير أنه تتواجد بعض الدوائر الآلية لإنارة هذه الشوارع من خلال الخلايا الكهروضوئية Photo Cell العاملة بالطاقة الشمسية Solar Energy بحيث مع انتهاء ضوء النهار تعطي الأمر الكهربي بقفل الدائرة الخاصة بالإنارة وعندما يظهر الضوء مع الشروق ويزيد إلي الحد المطلوب تقوم بفتح الدائرة الخاصة بهذه الإنارة .

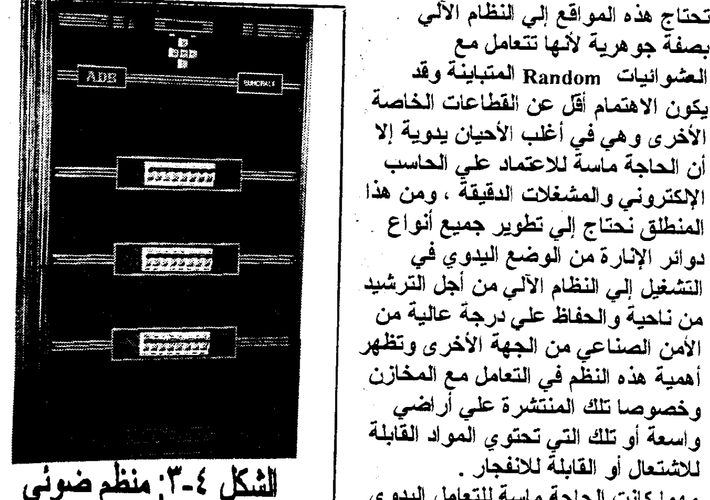
٢ - إنارة المنازل Home Lighting :

تعمل هذه النوعية بالأسلوب اليدوي خصوصا وأن المسافات بين المصابيح قليلة (قد تتلاشى عمليا أحيانا) كما أن أسلوب التحميل مختلف وغير ثابت ولا تعتمد علي أي أساس مقنن يجوز معه التعامل رياضيا أو غير ذلك من الصفات المنتظمة ومهما كانت النوعية المنزلية فهي عشوائية الأداء ومتباينة الاستخدام ، إلا أن السلالم تحتاج إلي النظام الآلي Automatic System حيث يستخدم علي نطاق وأسع نظام الدفياتير لإنارة السلالم ترشيدا لاستهلاك الطاقة الكهربائية وتلبية الإنارة فور الحاجة إليها أما بالنسبة للقصور الضخمة وهي ذات المسافات البينية الطويلة والأدوار المتعددة نجد أن التعامل مع الدوائر الكهربائية الخاصة بالإنارة العامة بها قد تحتاج إلي هذه النظم الآلية ويدخل فيها اليوم المشغلات الدقيقة ، والحاسبات الإلكترونية Computers دخلت الميدان وانتشرت وأصبحت من الدوائر الرئيسية ترشيدا للاستهلاك ومنعا للحوادث التي قد تنجم عن أية أخطاء من تشغيلها أو تركها تعمل دون مراقب وتظهر الصورة الفوتوغرافية لأحد هذه النوعيات في الشكل رقم ٤ - ٣ وهي من الخطوات الهامة التي ساهمت في تطور المسرح علي وجه العموم من الناحية الهندسية .

تدخل أيضا المجمعات الضخمة علي الطريق بجانب القصور وهي مثل المجمعات التعليمية والجامعات والمدارس عالية الكثافة واسعة المساحات والمستعمرات السكنية جماعية الطابع مثل المدن الجامعية وبيوت الشباب الكبيرة والمدارس الداخلية وأيضا الأسواق التجارية والمناطق الحرة التي تقع علي مساحات شاسعة من الأرض .

٣- إنارة المقار الحكومية Lighting of Governmental Sites

تحتاج هذه المواقع إلي النظام الآلي بصفة جوهرية لأنها تتعامل مع العشوائيات Random المتباينة وقد يكون الاهتمام أقل عن القطاعات الخاصة الأخرى وهي في أغلب الأحيان يدوية إلا أن الحاجة ماسة للاعتماد علي الحاسب الإلكتروني والمشغلات الدقيقة ، ومن هذا المنطلق نحتاج إلي تطوير جميع أنواع دوائر الإنارة من الوضع اليدوي في التشغيل إلي النظام الآلي من أجل الترشيد من ناحية والحفاظ علي درجة عالية من الأمن الصناعي من الجهة الأخرى وتظهر أهمية هذه النظم في التعامل مع المخازن وخصوصا تلك المنتشرة علي أراضي واسعة أو تلك التي تحتوي المواد القابلة للاشتعال أو القابلة للانفجار .



الشكل ٤-٣: منظم ضوئي

مهما كانت الحاجة ماسة للتعامل اليدوي تكون الحاجة أشد إلي الاعتماد علي النظام الآلي في الفصل والتوصيل ويكون بتوقيت زمني في الأماكن التي تناسب هذا وبغير توقيت في المناطق الأخرى والتي لا تحتاج إلي الوقت لطبيعة العمل فيها أو في أسلوب التعامل معها ، كما تنتهج ذات الطابع القرى السياحية والفنادق الصيفية والمصيف الجماعي من حيث النظم المتبعة بعدم التدقيق في أعمال الكهرباء عموما .

(أ) إضاءة القاعة Hall Lights

تعتبر القاعة من المواقع الخاصة في التعامل مع الإضاءة فمنها أنواع مثل القاعات الرياضية أو القاعات الدراسية أو الورش المعملية أو القاعات الخاصة بالقصور أو القاعات الملحقة علي المسارح أو قاعات المسارح ذاتها وهي محور الحديث هنا حيث نحتاج إلي إنارتها بدرجات متفاوتة فنحتاج إلي إنارة السقف والحائط والأرضية حيث السلالم وفي جميع الأحوال تكون إنارة السلالم خافتة لأنها تستخدم فقط في حالة الإظلام التام للقاعة بينما النوعين الآخرين يحتاجان إلي درجات متباينة الإضاءة بمستوياتها

المختلفة عالية الاستضاءة أو متوسطة ثم المنخفضة قبل الإظلام التام أثناء العرض المسرحي وكلها وسائل متباينة تحتاج إلي الفن والذوق في الأنماط التي يجب أن تستخدم لتريح العين المبصرة قبل الاندماج مع العرض المطلوب مشاهدته ، ومن ثم نحتاج إلي النظام الآلي في التعامل لتخفيض مستوى الإضاءة تدريجيا من مرحلة أولي إلي ثانية إلي أخيرة بينما في العقود الأخيرة ظهرت الأجهزة التي تتعامل مع المشغلات الدقيقة والحاسب الإلكتروني وتستطيع بذلك تخفيض الإضاءة بأسلوب تدريجي مستمر وليس علي مراحل كما كان متبعا من قبل وبذلك نحافظ علي درجة رؤية المشاهد ونعطي الفرصة للانتقال من الحالة المضاءة تماما إلي المظلمة تماما دون أي تأثير ضار علي الرؤية البشرية سواء للمشاهدين أو للعاملين في ذات الحقل .

(ب) إضاءة حجرات الخدمات Serves Room Illumination

تحتاج حجرات الخدمات (وهي متعددة فمنها حجرة التحكم أو حجرة الإشراف علي حركة الممثلين أو موقع الملقن أو حجرة الممثل والمخرج) إلي أنواع الإضاءة المعتادة مثل إنارة المنازل والمقار الحكومية ومثل المطاعم السياحية أيضا ولكننا هنا نحتاج إلي وضعها علي الخريطة الآلية للتشغيل مع الحاسب الإلكتروني وأجهزة التحكم في الإضاءة داخل المسرح ، مثل ما جاءت في الشكل ٤-٣، وخصوصا تلك الحجرات الخاصة بالتشغيل (أي مكان العاملين علي الإضاءة ومتابعة الصوتيات بالمسرح ومراقبة العمل) وأماكن الممثلين والمخرج وغيرهم من العاملين وقت إظلام القاعة أي وقت الأداء المسرحي .

ثانيا : التحكم في الإضاءة التلقائية Automatic Lighting

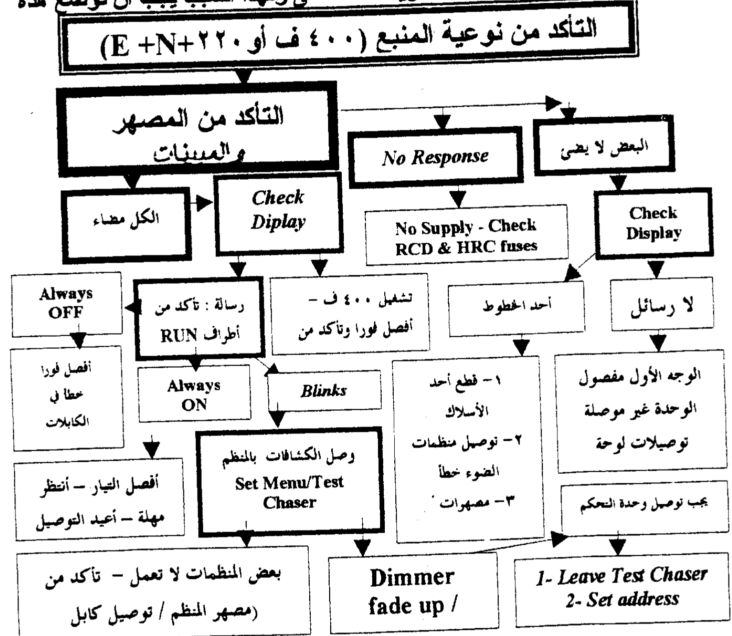
مما سبق نستطيع تفهم مدى أهمية التعامل مع الإضاءة التلقائية خصوصا مع الأعمال مسرحية الطابع وليس بالضرورة أن تكون في المسرح فقط ولكنها تلك الأعمال التي تحتاج إلي إضاءة من شكل محدد ومركز وله طابع مميز وقد يظهر مع الأعمال السينمائية أو في أستوديو التصوير أو في المواقع الأثرية أو علي حدود المعسكرات العسكرية أو المواقع النائية والتي تحتاج إلي الحراسة مثل الحدود الدولية وغيرهم .

هذا هو النوع المستقبلي والذي يجب أن تخضع له جميع الأعمال اليومية في المصانع والمجمعات الضخمة والمستعمرات السكنية وفي الشوارع وغيرهم لما سوف توفره من الطاقة وبالتالي في تكلفة الاستخدام الكهربي في مجال الإضاءة ، وهذه العملية تعتمد علي محوري التشغيل وهما محوري التأكد من سلامة المنبع ووصوله إلي وحدة التحكم أولا بينما الثاني يشمل خطوات التعامل والتنفيذ بعد التأكد من وجود التيار وسلامة الدوائر Circuits المختلفة الداخلة في الأداء ، وبناء علي هذا نضع الهيكل التنظيمي للتأكد من وصول التيار بسلام إلي جميع الوحدات العاملة بالمنظومة لتشغيل الإضاءة من هذا المنطلق كما هو مبين في الشكل رقم ٤-٤. كما أنه في حالة الفصل التلقائي Automatic Tripping للجهاز يلزم ضرورة التأكد من:

١- مجموع الأحمال الكلية Total Loads المتواجدة علي الوحدة من كل المنظمات الضوئية لأن التحميل الزائد Over Load قد يودي بالجهاز ولذلك يلزم احتساب مجموع

الأحمال الكهربية علي الجهاز والتأكد من قيمتها الإجمالية وأنها لا تتجاوز الحمل الأقصى المقنن .

٢- درجة حرارة الهواء المحيط Ambient Temperature مناسبة وغير مرتفعة حيث أن الدرجة المقننة هي ٣٥ درجة مئوية كحد أقصى ولهذا السبب يجب أن توضع هذه

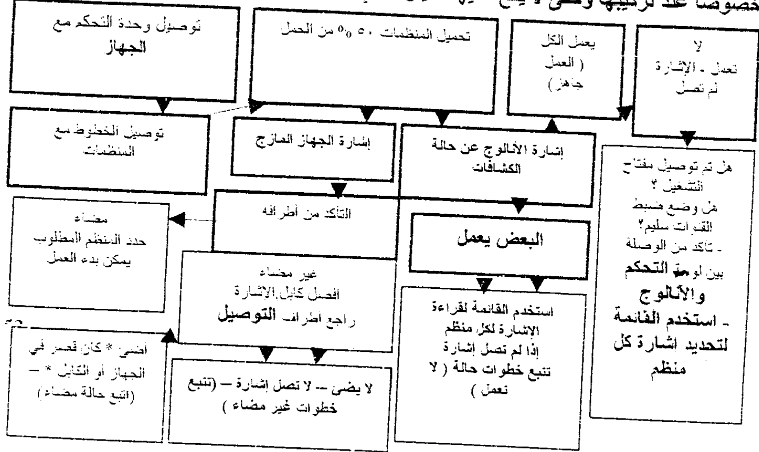


الشكل رقم ٤- ٤ : أسلوب التأكد من وصول التيار

الأجهزة داخل حجرات مكيفة الهواء لضمان عدم ارتفاع درجة الحرارة في أي وقت ، وهذا يفيد بضمان عمل المراوح Fans القائمة علي تبريد الجهاز وأجزائه وأن الأحمال الكهربائية علي المنظم الضوئي Dimmer لم تتعدى نطاق المحدد . ويقوم الجهاز تلقائيا بخفض مستوى تحميل Loading Level المنظمات الضوئية أولا عند ارتفاع درجة الحرارة ثم زيادة هذا الخفض مع استمرار الارتفاع الحراري ثم الفصل النهائي Final Switching Off كنوع من الوقاية الضرورية Necessary Protection لهذه الأجهزة .

٣- التأكد من المصابيح العاملة Lamps ووصلاتها الكابلية Cable connections لأن الخلل في التوصيل أو التركيب سيسبب عدم وصول التيار إلي جميع المواقع العاملة داخل الجهاز .

٤- فصل الجهاز ثم تغيير المصهر لأن المصهر أول أداة واقية ولا يجب تغييرها علي الحمل خصوصا عند تركيبها وحتى لا يقع عليها التيار الكلي وقت التركيب منعا للشرارة Sparking .



الشكل رقم ٤- د : أسلوب التأكد من دوائر الإشارة

٥- توصيل الجهاز مرة أخرى بعد تركيب المصهر البديل New Fuse عن ذلك الذي خرج عن العمل

أما الشكل رقم ٤-٥ فيعرض المحور الثاني والخاص بخطوات التشغيل كاملة وهو ما ينطوي علي طريقين متجاورين داخل المنظومة عند تحميل ٥٠ % من حمل المنظمات الضوئية كي نتفادى التحميل الكامل المفاجئ فيكون التحميل تدريجيا ويتم العمل حتى نصل إلي نصف الحمل الكلي وبالتالي نبدأ في اختبار الإشارات التي تعمل وتحديد تلك التي لا تعمل . هذا الأداء مهما داخل الاختبار حتى نستطيع التعامل مع القنوات بسلامة تامة أثناء التشغيل ويعرض الشكل رقم ٤- ٦ الدائرة الرئيسية Basic Circuit لتوصيل المنظمات الضوئية Dimmers معا من خلال وحدة التحكم وهي ما يمكن أن تتم لتوصيل ٢٤ منظم أو ١٢ وهكذا علما بأن أطراف الخروج Output Socket دائما علي ٢٥ طرف 25 Terminals وتعمل مع الجهد صفر و ١٠ و ٥ فولت والرسم يختص بحالة ٢٤ منظم ضوئي وفيه أيضا نجد أن أسلوب المفتاح الضاغط أساسا للتعامل مع التوصيل إلي دوائر التيار المستمر بالجهد المشار إليه عالية . وتأخذ المقننات العامة البيانات الأساسية كما يلي :

١- مشغلات دقيقة رقمية ١٠٠ % Digital

٢- تعمل مع قدرات مقننة ٣ أو ٥ ك. و.

٣- تسمح بدرجات حرارة بين ٥ كحد أدني و ٣٥ درجة مئوية مع ٩٠ % كأقصى رطوبة نسبية Relative Humidity

٤- تعمل مع كلا من الطور المفرد والثلاثي مع نقطة تعادل بمدى الجهد المقنن مع ± ١٠ % .

٥- تتم الوقاية بالمصهر Fuse Protection لكل منظم ضوئي علي حدة وبإجمالي ١٠٠ ك. أ للقصر .

٦- تظهر أحيانا مركبة للجهد الثابت D C Component ولكنها ضعيفة لأنها لا تزيد عادة عن ١ فولت عند الحمل الكامل Full Load

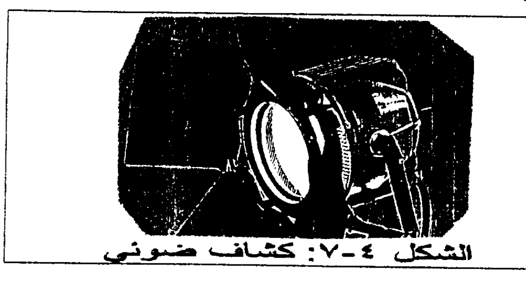
٧- مناسبا للعمل مع الأحمال خالصة المقاومة Resistive وكذلك الأحمال الحثية Inductive مثل مصابيح تنجستن ومصباح الهالوجين منخفض الجهد مع محولات مناسبة Suitable Transformers وأيضا مع المصابيح الفلورسنت بالاستعانة بملف خانق Ballast مخصص لهذا الغرض.

Dim1 Dim2 Dim5 Dim8 Dim10 Dim12 Dim23 Dim24
T1 T2 T5 T8 T10 T12 T23 T24 T25
R 10 V T1
R 5 V T2
0 V T3

الشكل رقم ٤- ٦ : دائرة توصيل المنظمات الضوئية

المحور الثاني: خشبه المسرح Stage Lights

تحتاج خشبه المسرح إلي عناية فائقة واهتمام بالغ من حيث أعمال الإضاءة حيث يلزمها الإضاءة المركزة Concentrated Light بجانب المنتشرة Spread Lighting وتلك ذات الخلفية وهي كلها ذات مقننات تقنية ومواصفات محددة ولذلك سوف نلقي عليها الضوء من أجل المزيد من الفهم والتعرف علي خصائص هذه الإضاءة ومكوناتها ومدى الحاجة إليها علي النحو التالي :



الشكل ٤-٧: كشاف ضوئي

١- إضاءة خشبه المسرح Stage Lighting

تمثل خشبه المسرح أهم المواقع التي تحتاج إلي الرعاية ومن ثم تكون أعمال

الإضاءة فيها متواكبة مع المتطلبات والضروريات وحيث أنها تتباين في الاستخدام فهي هامة أثناء العرض المسرحي للتعامل مع الخلفيات المسرحية وإلقاء الضوء علي المعاني الأساسية فيها وإظهارها بل وتلوينها إذا احتاج الأمر كما أنه لا يقتصر الوضع علي ذلك بل يمكن الاستعانة بها عند إلقاء البيانات أو حتى عند عقد المؤتمرات والندوات وتأخذ بذلك طابعا متباينا مع الأول وفي هذه الحالة لا بد من توفير كل المتطلبات لكل أنواع الاستخدامات وكل هذه الأنواع سنتعرض لكيفية التعامل معها في السطور التالية .

٢ـ إضاءة الممثل أو الفرد علي خشبه المسرح

نحتاج دائما لوضع الممثل في دائرة ضوئية كي يبين معه أنه من أهم الممثلين عند التحدث أو أداء الحركات المعبرة والجوهرية وهنا تكون الحاجة ملحة للتعامل مع نوعيات معينة من الكشافات الضوئية Spot Lights ويمثل الشكل رقم ٤ـ ٧ أحداها أما إدارة عملية الإضاءة من خلال وسائل تحكم آلية وسنفرد لها البنود التالية فيما بعد عند التعرض لتقنيات هذه الإضاءة خصوصا وأن الإضاءة للمثل وحده تحتاج إلي نوعيات معينة دون غيرها .

٣ـ إظلام خشبه المسرح أثناء تغيير المناظر

في كثير من الأحوال نحتاج إلي إظلام متعمد لإجراء تغييرات في المشاهد أثناء العرض داخل الفصل المسرحي وبدون توقف المسرح أو المعنى العام له ويظهر بذلك التحكم الآلي وأهمية وما سوف يلعبه من دور أساسي في هذه العملية ولذلك سوف نتناول هذه التقنيات الحديثة والتي تعتمد علي الدقة والتوقيت المناسب فيما هو لاحق من هذا الباب .

تلك هي محاور الإضاءة في القاعات المسرحية فنجد البسيط والمعروف مثل المحور الأول والثاني بينما نري الهام جدا في المحاور الأخيرة إلا انه مع التكنولوجيا الحديثة، أمكن الدمج بين المحاور جميعا.

٤ـ٢: تقنيات وسائل الإضاءة Technology Concept

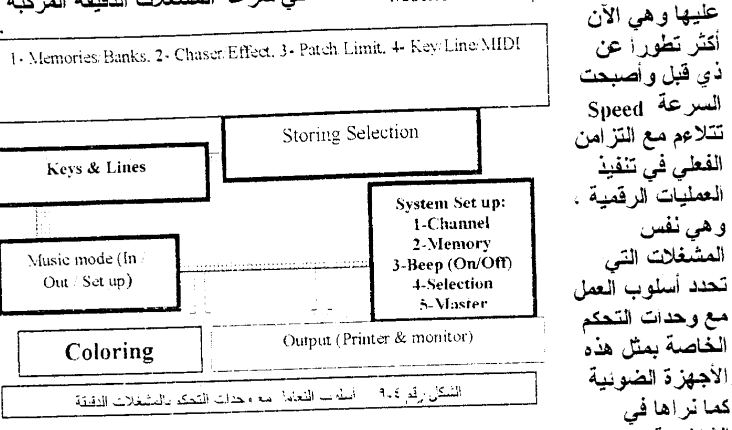
يدخل في الاعتبار العديد من الأسس التكنولوجية منها :

أولا: مشغلات دقيقه microprocessors

الشكل رقم ٤ـ ٨ : لوحة المشغلات الدقيقة

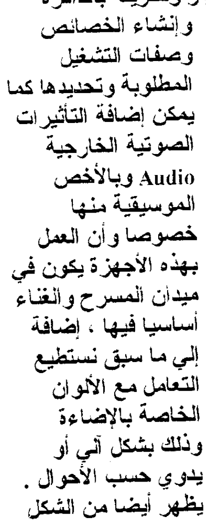
تعتبر المشغلات الدقيقة من أهم الأعمال الفنية التي سارعت من التقدم العلمي في العصر الحديث وقد تبعها العديد من الاختراعات التي تساهم بدرجة ما في تبسيط الحياة علي البسيطة ولهذا دخلت في محال الإضاءة المسرحية وساعدت إلي حد كبير في التطور المعاصر للأعمال المسرحية ونجد في الشكل رقم ٤ـ ٨ الصورة التخطيطية العامة لوحدة المشغلات المركزية CPU غير أنه تتواجد الأنواع الأحدث

والأشمل في الأداء وفي الإمكانيات المتاحة للعمل في هذا الميدان . تعمل هذه الدوائر والتي تعرف باسم اللوحة الأم Mother Board اعتمادا علي سرعة المشغلات الدقيقة المركبة عليها وهي الآن أكثر تطورا عن ذي قبل وأصبحت السرعة Speed تتلاءم مع التزامن الفعلي في تنفيذ العمليات الرقمية . وهي نفس المشغلات التي تحدد أسلوب العمل مع وحدات التحكم الخاصة بمثل هذه الأجهزة الضوئية كما نراها في

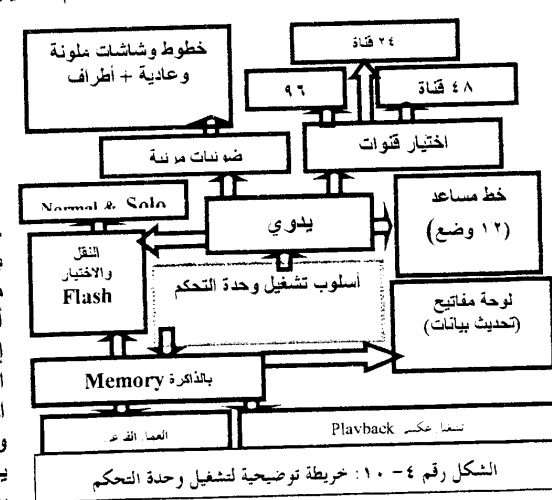


الشكل رقم ٤-٩ أسلوب التعامل مع وحدات التحكم بالمشغلات الدقيقة

الشكل رقم ٤ ـ ٩ حيث تظهر القائمة منطلقا للعمل ومنها يتم الاختيار وتخزينه بالذاكرة



وإنشاء الخصائص وصفات التشغيل المطلوبة وتحديدها كما يمكن إضافة التأثيرات الصوتية الخارجية وبالأخص Audio الموسيقية منها خصوصا وأن العمل بهذه الأجهزة يكون في ميدان المسرح والغناء أساسيا فيها ، إضافة إلي ما سبق نستطيع التعامل مع الألوان الخاصة بالإضاءة وذلك بشكل آلي أو يدوي حسب الأحوال . يظهر أيضا من الشكل



الشكل رقم ٤ - ١٠ : خريطة توضيحية لتشغيل وحدة التحكم

أن الجهاز يعطي إمكانية الإخراج Output سواء كان ذلك علي الطابعة Printer أو من خلال الشاشة العارضة Monitor ويلحق عادة بالجهاز شاشتين أحدهما وهي الأساسية تكون ملونة Color والأخرى من النوع الأبيض والأسود

ثانيا: وحده تحكم (Lighting Control Desk)

يجب أن تقع هذه الوحدة من حيث المبدأ في إطار علم يتيح الفرصة للتشغيل بأي من الوسائل المعروفة كما هو موضح بالشكل رقم ٤-١٠ وهما طريقتان فهي إما اليدوية Manual أو الآلية Automatic وهذه الآلية يجب أن تشمل أسلوب التخزين أو الاعتماد علي الذاكرة Memory (وهو الوضع الآلي فور إغلاق الوضع اليدوي) نسبة إلي المشغلات الدقيقة السابق تحديدها عالية وما يتطلبه ذلك من ضرورة توافر لوحة المفاتيح Key Board معها (لتسرع من عملية نقل الاختيار فورا إلي الذاكرة) ، وكذلك أنها يجب أن تعمل علي الجهد المعتاد وهو ٢٢٠ ف وبذلك يكون مقتن التشغيل لها هو ٢٢٠ - ٢٤٠ ف مع الذبذبة ٥٠ هيرتز واستهلاك لمقتن التيار بقدر ٣- ٤ أ ، وهذه الوحدة تنقسم إلي عددا من القنوات يتدرج بصفة رياضية مثل ٢٤ قناة مزدوجة الوضع أو ٤٨ مفردة الوضع أو ٩٦ ، ويضاف إلي هذا كله إمكانية إعادة التشغيل للتأثيرات المختلفة المتواجدة في الذاكرة من خلال ١٢ وضع وتتميز الوحدة بإتاحة تسجيل كل الخطوات كعملية واحدة علاوة علي إمكانية التعديل الصوتي بجانب الضوئي .

تتمتع هذه الوحدة بعدد من الخواص الفنية مثل :

١- إتاحة الفرصة للعمل علي ٣ أوضاع متباينة مثل (Cut, Fade-in / Fade-out, Saw Teeth)

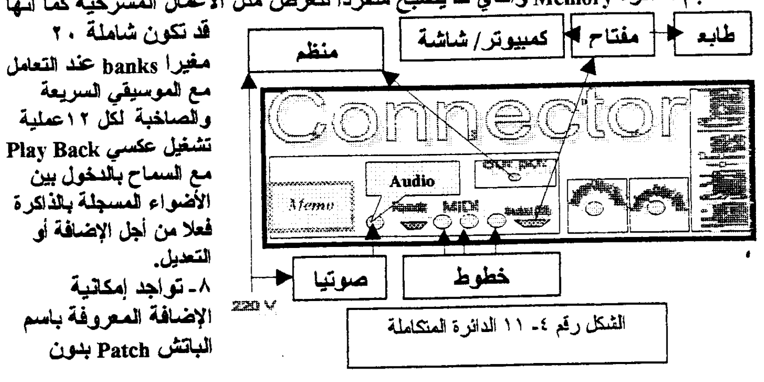
٢- إمكانية الحركة في ثلاث أشكال من خلال لوحة المفاتيح لتحميل القنوات منفردة أو مجتمعة سويا وهذه الأشكال هي (أمام Forward - خلف backward - وضع الاتزان Balance)

٣- التعامل مع نظامي القطبية (موجب أو عادي Normal - سالب أي عكسي Inverse)

٤- التحكم الضوئي مع منظم السرعة ٥- سهولة خلط الألوان ٦- خطوط خارجية مبرمجة

٧- حجم الذاكرة Memory والذي قد يصبح منفردا للغرض مثل الأعمال المسرحية كما أنها قد تكون شاملة ٢٠ مغيرا banks عند التعامل مع الموسيقي السريعة والصاخبة لكل ١٢عملية تشغيل عكسي Play Back مع السماح بالدخول بين الأضواء المسجلة بالذاكرة فعلا من أجل الإضافة أو التعديل.

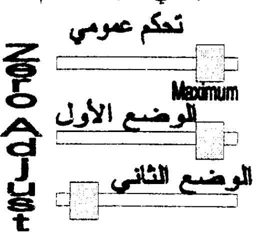
٨- تواجد إمكانية الإضافة المعروفة باسم الباتش Patch بدون



الشكل رقم ٤- ١١ الدائرة المتكاملة

حدود لكل قناة مستقلة وبحد أقصى ٥١٢ منظم (dimmer) لكل الوحدة علاوة علي ١٢ خط فرعي قابل للبرمجة انفراديا ويبرز الشكل رقم ٤- ١١ الشرح التخطيطي للدائرة الأم لمثل هذه الوحدة مبينا عليها أجزائها

٩- تعدد مخارج الشاشة حيث تخصيص ٤٨ نهاية حمراء لمخارج LED المعتم لتحديد القنوات العاملة علي خشبه المسرح ومثلها أطراف خضراء للتشغيل في المجال المعتم Blind Mode وتوافر وحدتين LCD لبيان تفاصيل القنوات ومستويات أدائها سواء في مجموعات أو انفراديا وذلك بالاستعانة بمساحة ١٢ قناة وهي في مجملها تصبح : ٢ (٤٠) + ٢(١٦ حرف)



١٠- تواجد كارت التخزين للتعامل معه Recording & Retrieving لتسجيل البرنامج الضوئي كاملا أو جزئيا .

١١- اتساع رقعة التشغيل وتنويعه من خلال تغيير النظام mode التعامل مع الأطراف الخضراء وإصدار الإنذار السمعي عند حدوث خطأ في التوصيل أو الفصل والسماح باختيار البيانات الداخلة وفرصة التعامل مع معاملات الذاكرة الحاسوبية وسهولة برمجة الخطوط الخارجة وفرصة التعامل مع التعديل الصوتي والموسيقي MIDI حيث يمكن إدخال موسيقى خارجية مسجلة أو لا كي يتضمنها التسجيل النهائي بوحدة التحكم .

الشكل رقم ٤- ١٢ : تحكم رئيسي

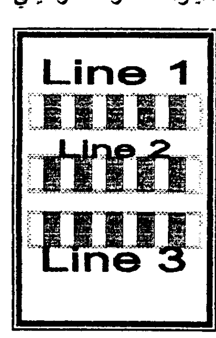
١٢- صلاحية التعامل مع التليفزيون من خلال ١٢ قناة فرعية بأسلوب (AND/OR) بالذاكرة مع التحميل جزئيا أو كليا .

١٣- سهولة إعادة التخزين أو التصحيح المباشر للقنوات الضوئية المسجلة بالذاكرة فورا ودون تعطيل

١٤- بساطة تحميل الضوء العادي Rock Lighting مع مدي واسع لاختيارات الصوت الموسيقي المصاحب للعرض الضوئي وكذلك التذبذب الضوئي Flickering .

١٥- السماح بتحميل خطوات متتابعة داخل القنوات وبمستويات متباينة .

١٦- التحكم اليدوي في تأثيرات فورية مباشرة (١٢ قناة) وتعمل هذه الوحدة علي نظام التعميم والتخصيص طبقا لوضعي التشغيل ولذلك نجد في الشكل رقم ٤- ١٢مفتاحا عموميا للتشغيل ويتبعه مفتاحان (مفتاح لكل وضع لكل قناة) للتحكم في شدة الضوء لكل من القنوات وهي ما تسيطر علي الكشافات الضوئية العاملة علي شبكة المسرح ويعطي الشكل رقم ٤- ٣ صورة فوتوغرافية لأحد المنظمات الضوئية .



الشكل رقم ٤-١٣

ثالثا : المنظم الضوئي Dimmer

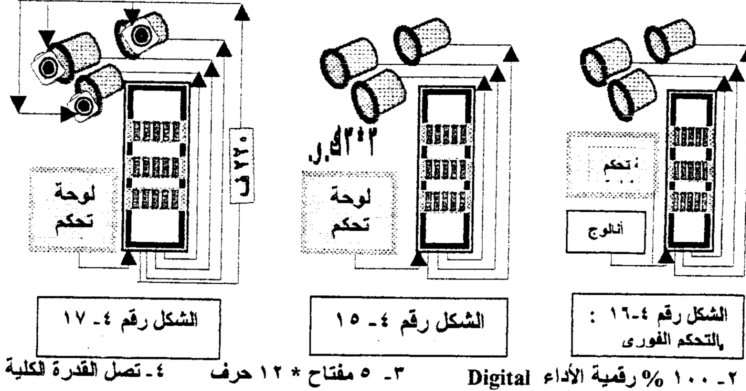
يقوم منظم الضوء بكل أعمال الخلط بين جميع أنواع الإنارة والإضاءة المطلوبة ويتحكم في مستوياتها وأشكالها ومدة عملها وترتيبها ولهذا السبب فهو مناسب للعمل في المسرح

والأستوديو بالإضافة إلي الإنارة المعمارية ، وهذه المنظمات الضوئية ذات صفات محددة نوجز أهمها: ١- مجهز للعمل الآلي بالحمل المقنن ويمكن التحكم بالأسلوب المحلي
٢- اختيارية عالية Selectivity
٣- اختبار ذاتي ٤- تخزين بالذاكرة مؤجل المحو ٥- التخزين لا يتقيد بالزمن ويمكن ذلك لدليل الإضاءة أيضا ٦- الدوائر الكهربية متكاملة وتركب رأسيا (وهو الوضع الأفضل) أو أفقيا ٧- السماح بفصل آلي لنقطة التعادل Neutral
٨- القراءات الأساسية فورية لكل الأجهزة العاملة Reporting
٩- تشغيل الشاشة مع المحاكي أنالوج Analogue Control ١٠- صالح للتشغيل المركزي بالنسبة للإضاءة ١١- بساطة التركيب وسهولة التشغيل ١٢- يمكن التعامل مع المصابيح (هالوجين تنجستن- فلورسنت مخصصة - مع محولات جهد منخفض) .

لوحة تحكم في الإضاءة

الشكل رقم ٤- ١٤ : منظمات الاضاءة للتحكم فى الانارة

ويوضح الشكل ٤-١٣ المنظر العام لهيكل هذا المنظم كما أن المواصفات الفنية الأساسية Specifications توضع علي النحو في صورة عامة وقابلة للتغير بين هذه الأرقام التالية بالنقص أو الزيادة الطفيفة :
١- القدرة القياسية المعتادة تتراوح بين ٢٤ * ٣ ك.و. أو ١٢ * ٥ ك.و. أو ١٢ * ٣ ك.و. + ٦ * ٥ ك.و. إضافة إلي إمكانية الخلط بينهم .



الشكل رقم ٤- ١٧

الشكل رقم ٤- ١٥

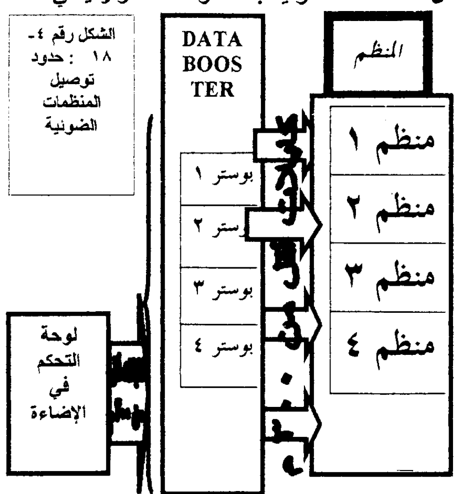
الشكل رقم ٤-١٦ : التحكم الفورى

٢- ١٠٠ % رقمية الأداء Digital ٣- ٥ مفتاح * ١٢ حرف ٤- تصل القدرة الكلية إلي أكثر من ٦٠ ك.و. تشغيل مستمر ٥- الفقد لا يزيد عن ٢-٣ %

٦- تبريد آلي عالي الكفاءة (مراوح ١٢ ف مستمر) ٧- يستخدم ثيرستور عالي القدرة (٥٠ أ وأكثر)
٨- الوقاية بالمصهر عالي القدرة لكل وحدة مستقلة علي حدة ٩- يسمح بالتعامل مع الأحمال الحثية Inductive ١٠- جهد تغذية ٢٢٠ / ٤٠٠ ف ، ٥٠/٦٠ هيرتز طور وحيد (٣٠٠ أ) أو ثلاثي
١١- تشخيص ذاتي لتحديد العيوب إذا ظهرت ١٢- قابل للبرمجة عن بعد
١٣- عالي الدقة High Resolution حيث تصل خطوات التنعيم إلي ٤٠٠٠ أو أكثر في الأنواع الحديثة .
١٤- الترشيح عالي الدرجة (أقل من ٢٠٠ ميكرو ثانية)

يظهر في الشكل رقم ٤- ١٤ أربعة وحدات تحتوي عدد ٢٤ منظم ضوئي تتعامل مع وسيلة أنالوج للإدخال أما في الشكل رقم ٤-١٥ نرى وحدة مع إدخال الأنالوج وفي الخروج للتوصيل مع كشافات ضوئية بقدرة ٣ ك. و. لكل منهم وكذلك يمكن إضافة لوحة تحكم كما هو وارد في الشكل رقم ٤-١٦ وتعطي المنظومة تطويرا آخر عند التعامل التحكم في الألوان كما في الشكل ٤- ١٧ ومن الهلم أن نتبع القواعد الأساسية لضمان الأداء الكامل ولهذا يلزم مراعاة ما يلي:
١- ألا يزيد مجموع أطوال الكابلات الموصلة بين المنظمات الضوئية وأطراف التوصيل عن ٣٠٠ متر
٢- في حالة ضرورة التوصيل لمسافات طويلة يتم تقطيع المسافات من خلال مكبر Amplifier والذي يسمي في هذه الحالة مقوي البيانات Data Booster وهو ما نراه بوضوح في الشكل رقم ٤- ١٨ .
٣- إتاحة الفرصة لكل مرسل أن يتعامل مع أكثر من مستقبل والذي قد يصل إلي ٣٢ مستقبل وهو عدد كاف للتعامل مع دوائر الإضاءة في المجمعات الكبرى
٤- يجب الالتزام التام بفصل خطوط التغذية للجهد عن تلك الخطوط الخاصة بنقل الإشارات والبيانات والتحكم.

يعمل كل منظم ضوئي تبعا لقانون Dimmer Law يحدده المستخدم وعادة ما يكون خطيا كما يمكننا وضع قانون موحد لكل المنظمات الضوئية بصفة واحدة كأمر رئيسي للعمل بالإضافة إلي الوضع الأول لكل منظم علي حدة ويكون الجهد الخطي Linear حتى ١٢٠ فولت ويتبع نفس التغير مع المصباح الفلورسنت حتى ٥ % قبل مستوى الارتفاع الحراري ويصبح القانون مربع العلاقة Square Law للتلفزيون TV ويخصص معامل تصحيح Multiplication Factor لكل منظم ضوني ، وتجرى عليه الاختبارات التالية :



الشكل رقم ٤- ١٨ : حدود توصيل المنظمات الضوئية

١- Automatic Chaser at 70 %
٢- Presence of Control Signal
٣- Single Dimmer Flashing at any Level
٤- Lighting Cue without Desk

٥- Self Test ويتم هذا الاختبار داخليا به

من الناحية الأخرى يكون معامل التصحيح Multiplication Factor مقترحا للتوصل إلي حدودا للإضاءة وهو معطى بالنسبة المئوية كما في الشكل رقم ٤- ١٩ حيث تكون العلاقة الخطية بين كلا من معامل التقليل Reduction Factor ومعامل التصحيح والذي يعتمد في معدله علي نسبة النقل في المنظم الضوئي والذي دائما يقرب ٨٠ % وبهذا نجد معامل التقليل يساوي ٦٤ % إذا كان معامل التصحيح ٨٠ % .

بالنسبة لزمن الإضاءة وضبطه مع المنظم الضوئي كما جاء في الشكل رقم ٤- ٢٠ حيث يتم تحميل الإضاءة الأولي بمعدل ١ ثانية من الصفر حتى الحمل المقنن ويستمر الحمل المدة المحددة للإضاءة ويوقف هذا الضوء في زمن إرجاع يبدأ عادة أطول من البدء فيكون ٢ _ ٤ ث أو يزيد وبالمثل حتى العودة إلي الإضاءة الطبيعية بدون المنظمات .

كما يجب توضيح أن القوائم التي تعمل بها هذه الوحدات عبارة عن أربعة وهي :

١- قائمة المصنع فقط Factory Menu وهي من النوع الذي يكتب فيه بالمصنع ويصبح بعد ذلك للقراءة فقط ROM ولا يستطيع المستخدم التعامل مع أي تعديل لها بل عليه استخدامها .

٢- قائمة لبدء التجهيز والإعداد للتشغيل وهذه تخص القائمين علي التشغيل

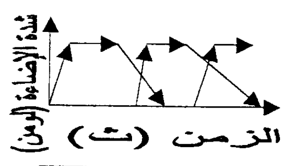
٣- قائمة التشغيل الآلي وهي أيضا مكملة للسابقة وتخص العاملين ومن الممكن فيهما التسجيل والتغيير والتعديل حسب الحاجة ورغبة المشغل .

٤- قائمة الصيانة Maintenance Menu وهي تخص المتخصص فقط دون غيره كما أنه لا يجوز فتح هذه الوحدات من غير المختص .

الشكل رقم ٤- ١٩ : العلاقة الخطية لمعامل التقليل

رابعا : السيكلوراما cyclorama light

تختص السيكلوراما بإضاءة عامة وشاملة واسعة الزوايا Flood Light (الشكل رقم ٤- ١) وهي تتكون من حيث المبدأ من مصباح شديد الإضاءة له عاكسين في وضع غير متماثل ولذلك فهو يناسب الضوء اللازم في أستوديو التصوير سواء العادي أو التلفزيوني أو في الاجتماعات وكذلك يناسب خشبة المسرح للتمثيل أو في الحفلات وهو ينتج علي شكل إما وحدات منفردة مستقلة أو زوجية الأرقام أي ٢ أو ٤ أو ٦ وهكذا، ومن هذه الجهة فهذا النوع يصلح للمسارح المدرسية وأندية الشباب الرياضية وكذلك

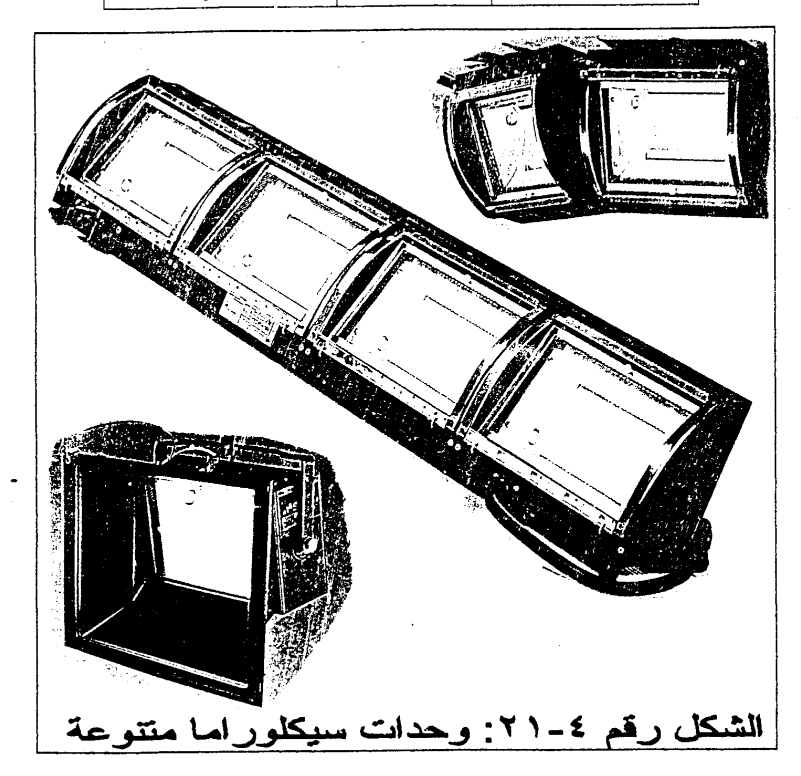


الشكل رقم ٤- ٢٠: التحميل الزمني لمنظم الضوء

للمتاجر وتصدر في وحدات مقتنة من مصابيح تنجستن هالوجين بوحدات الوات القياسية مثل ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٥٠ ، ٣٠٠ ، ٦٢٥ ، ١٠٠٠ ، ١٢٥٠ (الشكل ٤-٢١) وأخيرا بالنسبة للخواص الأساسية فهي:

جدول رقم ٤-١ : بعض كشافات السيكلوراما

قدرة (ك.و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
٠,٢٥	٥٩	٢٦١
٠,٥	٦٠،٥ ٦٦	٤٧٥
١	٦٨،٥ ٨٤	٣٦٠
١,٢٥		١٣٥٠ ٤٥٥٠



الشكل رقم ٤-٢١: وحدات سيكلوراما متنوعة

١ - أسلوب تبريد أساسي وعادة يكون الطبيعي لإطالة عمر المصباح حيث درجة الحرارة المعتادة أثناء التشغيل تساوي ما يقرب من ٣٢٠٠ درجة بمقياس كلفن

٢ - مصابيح شديدة النقاء clear & frosted lamps

٣ - غطاء من شبكة معدنية واقية يسبقها الجلاتين (المرشح عالي الخواص) باللون المطلوب أو الزجاج الملون (الشكل رقم ٤ - ٢٢)

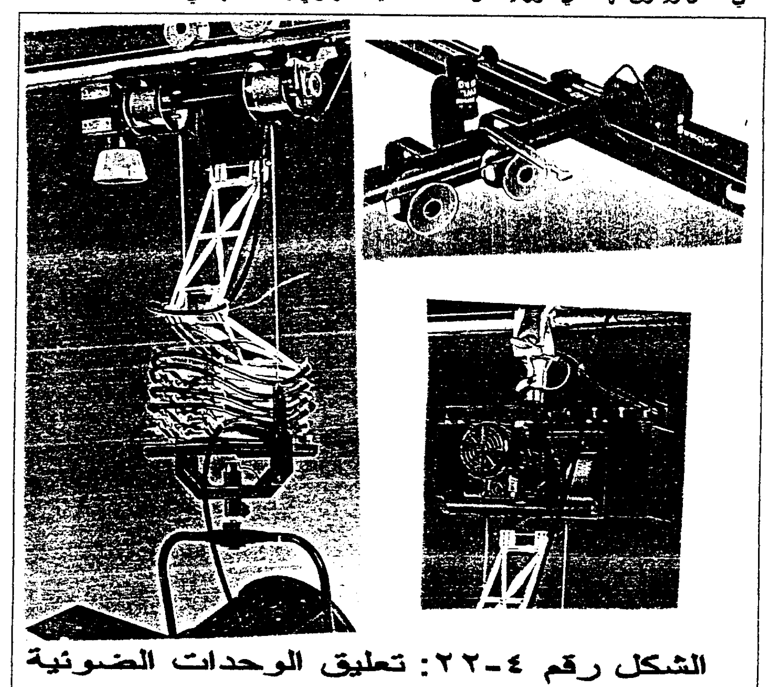
٤ - تكون الوحدات بغلاف أسود اللون مع زجاج الأمان

٥ - سهلة الترتيب في مجموعات أو بزوايا مختلفة

٦ - مزودة بأطراف توصيل متعددة تسهل مهمة تشغيلهم فرادى أو في عدة قنوات أو واحدة منهم فقط .

٧ - يمثل الجدول رقم ٤ - ١ بعضا منها حيث تكون زاوية الإضاءة ثابتة تناسب الأعمال المسرحية.

يظهر بعضا من هذه الكشافات في الشكل ٤ - ١ بينما يتواجد منها أيضا نوعيات تناسب مواقع الأستوديو للتصوير السينمائي كما جاءت في الجدول رقم ٤ - ٢ والتي يتم تحميلها علي حامل ويكون لها مدي للزوايا مثل الكشافات أيضا ونري بعضا منها في الشكل ٤ - ٢١ .



الشكل رقم ٤-٢٢: تعليق الوحدات الضوئية

جدول رقم ٤ـ ٢ : بعض كشافات السيكلوراما العاملة علي حامل

قدرة (ك.و.)	مدي زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
٠,٥	٤١،٥ـ١٤	١٠٠٨
٠,٦٥	٦٠	٢٩٥٠
١	٥٦ـ١٢	١٨٢٥
١،٢	٥٩،٥ـ٩	١٩٥٠
٢	٥٦,٥ـ٩،٥	١٦٠٠
٢،٥	٤٥ـ٨،٥	١٩٠٠
	٤٩ـ٩	١٩٠٠
٥	٥٨ـ١١،٥	١٩١٥
	٥٥ـ١٤	٢٠٠٠
	٥٦،٥ـ١٢،٥	١٨٥٠
	٦٢ـ١١	٢٤٥٠
١٠	٤٧ـ١٢،٥	١٩٥٠

ومنها أيضا ما يتم تطبيقه كما هو وارد في الجدول رقم ٤ـ ٣ وهو الذي نراه في الشكل رقم ٤ـ ٢٢ كصورة فوتوغرافية كي تكون التقنية مفهومة ومتكاملة المعنى .



الشكل رقم ٤-٢٣: كشافات ضوئية محمولة

جدول رقم ٤ـ ٣ : كشافات السيلكلوراما تعليق أستوديو

قدرة (ك.و.)	مدي زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
٠,٠٧٢	١٠٧ـ٩١	٢٧٠
٠،٢١٦	١٠٧ـ١٠٦	٧٥٠
١،٢٥	٩٥ * ٦٢	١٢٠٠
٢،٥	٦٤ * ٩٩	١٠٠٠
٥	١٠٥ * ٦٨	٨٩٢

ويظهر منه النوعيات متنقلة محمولة تلائم التنقل والتصوير الخارجي أو اللقاءات العابرة المرئية ويظهر أحدها في الجدول رقم ٤ـ ٤ حيث ينتج منها وحدات قياسية بقدرة ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٥٠٠ ، ٨٠٠ ، ١٠٠٠ وات ويقدم الشكل رقم ٤ـ ٢٣ بعضا من الأمثلة لهذه النوعية

جدول رقم ٤ـ ٤ : أحد كشافات السيلكلوراما المحمولة

قدرة (ك.و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
١	٩٨	٤٤٠

خامسا : الإضاءة النقطية Spot Light

نستعين في هذا المجال بالكشافات Projectors شديدة الضوء ولكنها تأخذ الصفات التالية

الجدول رقم ٤ـ ٥ : بعض الكشافات وشدة إضاءتها بالزوايا المتباينة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	عدسات
٧٥ ـ ٥٠	٥٠ـ٣٩	٢٤٠	بروفيل
١٥٠	٤٧ـ٩،٣	١٢٠٠	محدب
	٣٨ـ٢٦	١٠٠٠	
أبيض ٣٠٠ـ٥٠٠ أسود	٥٣ـ١٣	٩٣٧ـ٣٦٠	مضغوط
	٥٥،٥ـ٧،٥	١٩٦٣ـ٣٥٠	
٦٥٠	٤٠ـ١٠	١٥٢٥	محدب
	٥٥،٥ـ٧،٥	١٧٠٠ أو ٨٠٠	منشور أو مضغوط
	٤٠ـ٢٢	١١٠٠	زووم
	٤٠ـ٩	١٠٤٠	محدب
	٣٠ـ١٦	١٠٠٠	زووم
	٤٠ـ٢٨	٥٤٢	زووم
١٢٠٠	١٧ـ٨	١٤٨٠	بروفيل
	٤٢ـ١٥	١١٨٠	مع مكثف
	٥٠،٧ـ٨،٧	٥٩٠	
	٥٢،٧ـ٤،٥	٤٩٠	
	٢٦ـ١١	١٢٣٠ـ١١٥٠	
	٣٢ـ١٨	١١٩٠	
	٤٤ـ٢٦	٧٧٠	
٢٥٠٠	٢٦ـ١٠	٨٣٦	مضغوط مع مكثف
	٣٨ـ١٥	١٠٤٩	
	٥٧ـ٧	٩٠٠	محدب
	٥٨ـ٤	١٤٠٠	
	١٦ـ٨	١٠٠٠	زووم
	٣٢ـ١٤	٩٨٥	
	٣٨ـ٢٠	١٠٥٠	
٢٠٠٠	١٥ـ٩	١٤٤٥/١٨٩٠	زووم
١٠٠٠	١٥ـ٩	١٦٢٥	زووم

١ـ خفة الوزن ولذلك تصنع عادة من سبائك الألومنيوم أو الصلب الرقيق والمعالج كي يكون قويا لتحمل الاهتزازات Vibrations .

٢ـ عالي التحمل الديناميكي .

٣- تكون الخامات الداخلة في المكونات من مواد غير قابلة للصدأ وضد التآكل وضد التأثير الحراري ، ولهذا نعتمد علي التبريد الطبيعي **natural cooling** من أجل إطالة عمر المصباح .
٤- دهان ثابت وذلك من خلال الترسيب الكهربي ويفضل اللون الأسود منعا للتداخل الضوئي ولوقف التأثيرات الانعكاسية . ٥- منع ظهور أي حروف وحواف حادة
٦- سهل الحركة والتنقل أفقيا ورأسيا وفي المناطق الضيقة وإمكان تعليقة أو تحميله علي حامل مع إمكانية تغيير موضع التثبيت . ٧- وضع وسيلة تبريد مباشر للتخلص من الإرهاق الضوئي.
٨- تواجد شبكة سلكية واقية علي وجه الكشاف وبخلفها مجرى لتركيب الغطاء اللوني للضوء المطلوب (الجلاتين) **Gel** وقد يستعاض عنه بالزجاج النقي الملون .
٩- عاكس كروي مصقول وعادة يصنع من سبائك الألومنيوم .
١٠- وضع يد **Knob** لتسهيل مهمة تغيير وضع تشغيل الكشاف من شعاع مركز (**Beam / Spot**) إلي إضاءة واسعة النطاق **(Flood)** .
١١- تواجد وسائل ضوئية من العدسات عالية الكفاءة .
١٢- مصابيح عالية الكفاءة ضوئيا قليلة الإنتاج الحراري مثل الهالوجين كوارتز.
تعمل هذه الكشافات علي الجهد المعتاد ويكون لها المقنن ٢٢٠ - ٢٥٠ ف بالذبذبة ٥٠ / ٦٠ هيرتز وقد يستخدم المصباح تنجستن هالوجين ونري في الجدول رقم ٤-٥ بعضا من هذه النوعيات لتلك الكشافات التي تعمل مع الجهد ٢٢٠ ف .
يعتمد التباين علي طريقة الاستخدام فكل ما سبق من عرض قد شمل الإضاءة ثابتة الحركة بينما تتواجد نفس الطريقة للإضاءة المحمولة مثل التصوير الخارجي في التحقيقات والتلفزيون وغيرهما ففي الجدول رقم ٤-٦عددا من هذه الكشافات المتنقلة والعاملة علي الجهد ٢٢٠ ف .

الجدول رقم ٤ - ٦ : بعض الكشافات المحولة المنقولة

قدرة (ك.و.)	زاوية ( )	إضاءة (لوكس)
٠،٦٥	٧٠-٢٧،٥	٤١٥٥
١-٠،٨	٨٧-٤٧	٧٤٠
٢	٧٢-٢٧،٥	١٣١٠
٠,٢	٥٥-١٨	١٤٧٠
٠،١	٦٠-٣٦	٧٢٠
٠,٢٥	٥٢-٣٦	٦٠٠
٠,٣	٧٠-٢٢	١١٤٠

سادسا: مدي الإضاءة zoom profile

الجدول رقم ٤- ٧: بعض الطرز من الكشافات قدرة ١ أو ١,٢(ك.و.) وزاوية الانتشار .

زاوية المجال	زاوية الشعاع	طراز
٦٥-٥ ٦٥-١٠ ١٦-١٠ ٥٨-٨		عدسات محدبة بمكثف
٢٣-١١ ٣٦-١٣ ٤٢-١٥	٢٠-٩ ١٨-٩ ٣١-١٥	عدسات محدبة

تتباين هذه المصابيح والكشافات حسب الصناعة والغرض منها فيحدد في الجدول رقم ٤-٧ ببعض الطرز من الكشافات مبينا لها الاعتماد علي زاوية الانتشار وتهم هذه الزوايا

العاملين في الأوبرا بالذات والأعمال الراقية المشابهة حيث يحتاج إلي الزوايا الصغيرة والتي تصل إلي ٤ درجات بينما النوع العادي وهو الأرخص بكثير ففيه الزوايا تبدأ من القيم المتوسطة حول ١٥ أو ما يزيد عن ذلك ويبين الجدول رقم ٤- ٧ بعضا من هذه الطرز لزوايا مختلفة .

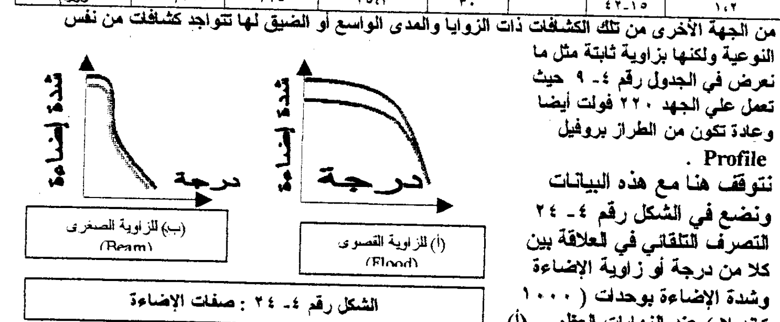
نستخلص من هذا الجدول مجالين للزوايا فالأول يخص المجال وهو ما يعني أوسع إضاءة متاحة من الكشاف والثاني يغطي حالة التركيز الشعاعي ولهذا نزيد إيضاحا لذلك من خلال الجدول رقم ٤- ٨ حيث يعرض نوعيات منها ببعض الزوايا عند الحدود القصوى وهي للمجال Flood وأيضا الدنيا للشعاع الضوني Beam ، كما تتغير درجة حرارة هذه الكشافات بين ٣٠٠٠ و ٣٢٠٠ درجة كلفن ، والموضوع لا يتوقف هنا بل يصل بنا إلي بعض الخصائص الفنية الهامة من الناحية الضوئية وإذا بالجدول رقم ٤- ٨ يجدول لنا عددا من هذه الخصائص لعدد من الكشافات المقتنة في الأسواق . نفس المعني نستقيه من الشكل ٤-٢٤ حيث يعرض المنحنيات لنوعين من الكشافات بقدرات مختلفة ويظهر هذا التباين في القيمة المحورية بالكانديلا للضوء كما في الجدول رقم ٤- ٨ .

الجدول رقم ٤- ٨: كشافات ضوئية بوحدات قدرة (كيلو وات) والزوايا القصوى والدنيا .

قدرة (ك.و.)	زاوية مجال	زاوية شعاع	إضاءة (١٠٠٠ لومن)	ضوء محوري للمجال (١٠٠٠ كانديلا)	ضوء محوري للشعاع (١٠٠٠ كانديلا)	عمر المصباح (س)	عدسات
١	٦١-٧	٥٦-٤	٢٦	٧،٦	٢١٦	٧٥٠/٢٠٠	منشور محدب
١،٢	٦١-٧	٥٦-٤	٣٠	٩،٣	٢٦٦	٤٠٠/٢٠٠	منشور محدب
١	٥٩-١٣	٦١-١٢	٢٦	١٣	١٣٦	٧٥٠/٢٠٠	محدب
١،٢	٥٩-١٣	٥٢-٧،٥	٣٠	١٦	١٧٢	٤٠٠/٢٠٠	محدب
١	٤٢-١٥		٢٦	٢١،٦	٩٦	٧٥٠/٢٠٠	زووم
١،٢	٤٢-١٥		٣٠	٢٥،٣	١١٥	٤٠٠/٢٠٠	زووم

من الجهة الأخرى من تلك الكشافات ذات الزوايا والمدى الواسع أو الضيق لها تتواجد كشافات من نفس النوعية ولكنها بزاوية ثابتة مثل ما نعرض في الجدول رقم ٤- ٩ حيث تعمل علي الجهد ٢٢٠ فولت أيضا وعادة تكون من الطراز بروفيل Profile .

نتوقف هنا مع هذه البيانات ونضع في الشكل رقم ٤- ٢٤ التصرف التلقائي في العلاقة بين كلا من درجة أو زاوية الإضاءة وشدة الإضاءة بوحدات (١٠٠٠ كانديلا) عند النهايات العظمى (أ) والصغرى (ب) بالشكل .



(أ) للزاوية القصوى (Flood)

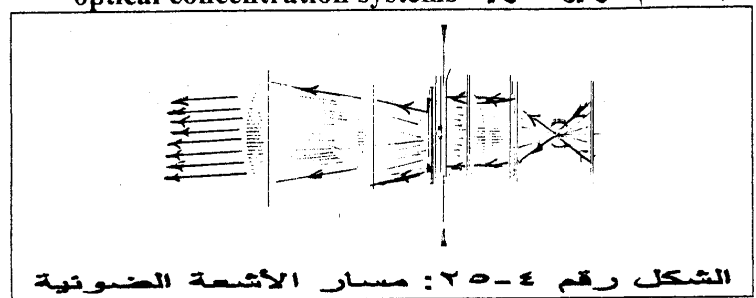
(ب) للزاوية الصغرى (Beam)

الشكل رقم ٤- ٢٤ : صفات الإضاءة

جدول رقم ٤- ٩ : كشافات بزاوية ضوء ثابتة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	مدي المسافة (م)
٦٥٠	٢٥	٩٧٥	٦
١٠٠٠	١٥	١٢٠٠	١٥-٢٠
١٠٠٠	٢٠	١٠٠٠	١٤-١٨
١٠٠٠	٣٠	١١٠٠	١٢-١٥
١٠٠٠	٤٠	١٠٠٠	١٠-١٢
١٠٠٠	٥٠	١٠٠٠	٨-١٠
١٠٠٠	٧	٢٣٥٠	٢٤
٥٠٠	٦،٩	٣٠٠٠	١٥

سابعا : نظم التركيز الضوئية optical concentration systems



الشكل رقم ٤-٢٥: مسار الأشعة الضوئية

نتعامل مع نظم العدسات التي يجب أن تكون بأعلى درجات النقاء وبها نستطيع تحويل الشعاع المركزي من المصباح والذي يقع في بؤرة العدسة الأولي إلي شعاع مركز في شكل حلقي يخرج من الكشاف إلي السطح المراد إضاءته بصفة مركزة خصوصا داخل الظلام الدامس إن صح التعبير ويقدم الشكل رقم ٤- ٢٥ صورة حية لمثل هذه الأشعة وكيفية تحويلها في كل مرحلة من خلال العدسات المتتالية داخل المنظومة .

كما تتوزع هذه الوحدات الضوئية علي الأماكن المختلفة علي النحو التالي:

(ا) الشواية Grill

الشواية تمثل المطبخ الخاص بعملية الطهو في الأعمال الضوئية وتتكون الشواية من عدد من المسارات لكل مجموعة من الكشافات وتعلق عليها وهي تصنع من المعادن الملساء والقوية مثل الصلب أو السبائك المعدنية عالية المقاومة للضغوط الميكانيكية ويبين الشكل رقم ٤- ٢٦ شكلا لهذا التعليق ويضاف إلي هذا أن الشواية قد تأخذ مسارات متعددة وتعرف بعدد هذه المسارات ويسمي فنيا كل مسار باسم سكة وتصبح الشواية ٤ سكة أو ٥ سكة مثلا ويتم تركيبها فوق خشبه المسرح تماما ويكون إلقاء الضوء من أعلي علي أرضية المسرح.

وهذه الشواية تتحرك بشكل هندسي علي الثلاث محاور كما نراها في الشكل رقم ٤-٢٧ حيث يعرض الحركة في المستوي الأفقي Horizontal ثم الحركة الرأسية Vertical

وذلك للتحكم في شدة الضوء المسلط علي الموقع أو الفرد أو المجسم الهدف المنشود Goal وهذا يؤكد علي بساطة العمل بها سواء كان هذا العمل يدويا أو آليا أ وكليهما .

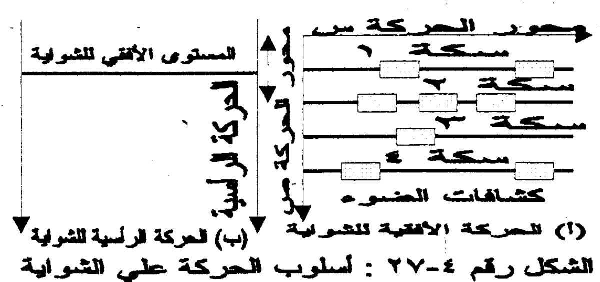


الشكل رقم ٤-٢٦ : طريقة تعليق الكشافات علي الشواية

منفصلين أو في آن واحد ، أما من الناحية الأخرى فتعطي الفرصة للأداء الفني وبالتقنية المحددة من خلال الأنواع المختلفة مثل :

١ - الإضاءة المباشرة Direct وهي ما سبق الحديث عنها في الباب السابق وتشمل كل ما يخص المصابيح وطرق التعامل مع العاكس إلي غير ذلك من المعاملات

٢ - الإضاءة غير المباشرة Indirect وهي تلك الإضاءة التي تأتي من خلال الظل وشبه الظل ونتعامل معها في المسارح وقاعاتها وفي الملاهي الليلية وفي



الشكل رقم ٤-٢٧ : أسلوب الحركة علي الشواية

المطاعم الفاخرة

٣- الإضاءة المتقطعة Flickering Light فهي تخص الأعمال الإعلانية والدعاية وفي بعض الأحوال للوضع الخطأ مثل مصابيح الإرشاد الضوئي في غرف التحكم وتستخدم بكثرة مع الاحتفالات والأعياد

٤- الإضاءة المتغيرة (غير الثابتة) varying Light هذه النوعية هي التي تتغير فيها شعلة الضوء أي الشعاع الضوئي ويتحرك مع الممثل علي المسرح كما يتحرك تماما وقد تأخذ أشكالا عديدة ومن هذا التغير ثلاث محاور هي

المحور الأول : لون الإضاءة Color حيث يتحدد اللون تبعا للمعني المنوط به ويتم ذلك من خلال الجلاتين
المحور الثاني : درجة الإضاءة Luminance حيث نحتاج إلي ضوء خافت فيليه العالي ثم المبهر وهكذا
المحور الثالث : اتجاه الإضاءة Light Direction حيث يتم التغيير بأسلوب ديناميكي وبذلك تعرف من الحركة نوعان فهي أما أن تكون دائرية Circular أو مستقيمة Straight علي خشبه المسرح

نجد أن الشواية عبارة عن هيكل جمالوني معدني مثبت أعلي خشبة المسرح بالقرب من السقف ويماثل تماما الشواية الصغيرة الخاصة بمأكولات الكباب في المطاعم حيث يتم تركيب محركات كهربائية لكل جزء متحرك بها ويجوز وضع حبال التعليق للكشافات كي تعمل يدويا غير أن الأسلوب الآلي هو الأفضل بالرغم من ارتفاع سعره ، وهي لا تظهر للمشاهد لأنها تختفي خلف البرقع من أعلي وخلف البنطلون علي الجانبين حيث توضع هذه الكشافات تبعا لزاوية الرؤية من أول المشاهدين في أول صف بقاعة المسرح ولكنها تكون ظاهرة تماما في المسارح الصيفية والمواقع المفتوحة مثل الحفلات الكبرى والقومية في الملاعب الدولية .

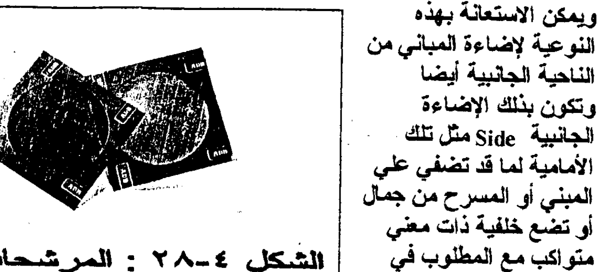
(ب) الإضاءة الأمامية Front

من الاستخدامات الأخرى غير المسرحية تلك التي نحتاج إليها في تجميل الآثار والمباني الهامة فنجدها تعمل أيضا هذه الكشافات علي التجميل لواجهات المباني والآثار والمدارس النموذجية والمتاحف القومية ولذلك نجد بعضا من هذه النوعيات المناسبة في الجدول ٤- ١٠ حيث تعمل كلها بنظام الملف الخانق Ballast وتتميز بالضوء النهاري Day Light الساطع .

الجدول رقم ٤- ١٠ : كشافات إضاءة للمواقع والواجهات

قدرة (و.)	زاوية ( )	إضاءة (لوكس)
١٢٠٠	٢١-٣	١٣١٥
٢٥٠٠	٤٦-٣	٢١٢٥
٤٠٠٠	٤٤-٤	٢٨٧٥
٢٥٠٠	٦٠-٧	٢٠٠٠
٤٠٠٠	٧٢-٩	٢٠٠٠
٥٧٥	٤٧-٨	٢٠٠٠
١٢٠٠	٥٣-٦	٢٠٠٠
٢٥٠٠	٦٢-٧	٢٠٠٠
٤٠٠٠	٥٢،٥-٨،٥	٢٠٠٠
٦٠٠٠	٤٨-٧،٥	٢٠٠٠
٥٧٥	٨٩ * ٥٢	٩٠٠
١٢٠٠	٧٨ * ٩٠	٨٦٠

ويمكن الاستعانة بهذه النوعية لإضاءة المباني من الناحية الجانبية أيضا وتكون بذلك الإضاءة الجانبية Side مثل تلك الأمامية لما قد تضفي علي المبني أو المسرح من جمال أو تضع خلفية ذات معني متواكب مع المطلوب في المشهد ، ويجوز الانتفاع



الشكل ٤-٢٨ : المرشحات الضوئية

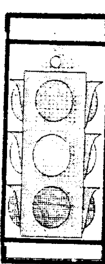
بها أيضا في الإضاءة الأرضية Floor تحت أقدام الممثلين أو حتى في إضاءة الحائط المواجه أمام المشاهدين .

ثامنا: استخدام المرشحات (الجلاتين) اللونية color filters

تعتبر المرشحات الضوئية من أولويات العمل المسرحي لأنها تتعلق بالألوان وهي ما تضفي علي المسرح رونقه وهكذا تصبح المرشحات الضوئية والمعروفة فنيا باسم الجلاتين (أنظر الشكل رقم ٤- ٢٩) هامة وبالرغم من أن التركيز الحراري عليها عاليا فتسبب انهيارها وبالتالي تحتاج إلي التغيير المستمر وهو ما يلزم التعامل معه علي أنه أمر واقع وما يتبعه من ضرورة تجهيز العدد الوفير منها بالألوان المختلفة ومنها ما يعرض بالأسواق في شكل ألواح قابلة للتقطيع أو في شكل مجهز بالمقاس المقنن والذي يقبل التركيب المباشر لكل كشاف .

٤-٣: آلية إشارات المرور The Automation of Traffic Signals

تطويرا لما سبق الحديث عنه نجد أن التحكم الآلي Automatic Control في تشغيل إشارات المرور ما هو إلا صورة متقدمة مما جاء بالنسبة للأضواء المسرحية خصوصا وأننا نتجه إلي التشغيل الآلي في كل ما نتعامل معه مادام آمنا وصحيا كما أنه من الضروري توضيح أن كل تقاطع يجمع بين ٦ مصابيح في كل جانب في حالة التقاطع المزدوج فيكون إجمالي عددهم هو (٤ أعمدة إشارات x ٦ مصابيح بالعامود الواحد أي ٢٤ مصباح) ويصبح (٦ أعمدة x ٦ مصابيح) للتقاطع الثلاثي علي الأقل لأنه قد يتضاعف هذا العدد إذا ما استخدمت الإشارات المعلقة بجانب تلك الثابتة أو استخدمت الإشارات علي الجانبين بدلا من الجانب الواحد (الشكل رقم ٤-٢٩) وبهذا نضع موضوع هذه الإشارات في محورين هما :



الشكل رقم ٤- ٢٩

أولا: الموقع المفرد Single Crossing

يقصد بالموقع المفرد هو العبور المتعدد في ميدان أو مفارق

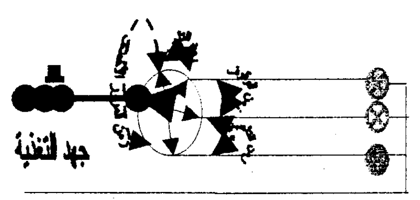
الطرق ومن ثم يكون فيه التشغيل من نوعان :

النوع الأول : التشغيل اليدوي Manual Operation

هو ما يتم الاعتماد عليه في حالات حرجة والزحام المفاجئ في أوقات طارئة Emergency Times ويكون بديلا عن النوع التالي وهو ما يعتمد علي الخبرة البشرية Human Experience والحالة العامة لحركة المرور علي الطرق المتقاطعة سواء كان أحدهما أو أكثر من الطرق الرئيسية ، عندئذ يكون العمل من خلال المنظومة (ON / OFF) .

النوع الثاني : التشغيل الآلي Automatic Operation

هذا النوع يترجم الخبرة البشرية إلي ضبط وإيقاع زمني Time Schedule يمكن تحديده من خلال ساعة زمنية وهي التي تجعل التشغيل للأضواء في الإشارة يزيد عن الآخر أو يتساوى معه وهو ما يجعل التعامل مع هذه الإشارات متاحا بأي من النوعين المحددين وقد يأخذ هذا التعامل من خلال نظام مبسط بتوصيل التوقيت في دوائر كهربية لتشغيل الضوء المطلوب تبعا لدوره في الإشارة ، وهو ما يتبع عمل الساعة الزمنية المتصلة بالدائرة علي التوالي مع مصباح الإشارة ويكون ذلك مبينا في الشكل رقم ٤-٣٠ . ومن الشكل يظهر أن التوقيت الزمني متسلسل بشكل متتابع علي زمن الدوران الكلي للساعة التوقيتية فمثلا يكون الدوران الكلي عبارة عن ٥ دقائق أي أن الدورة الزمنية هي ٥ ق بينما تنقسم هذه الدقائق إلي ٣ دقائق مرور أخضر ودقيقة ونصف الدقيقة وقوف وتتبقى نصف الدقيقة تنقسم إلي فترتين للون الأصفر ويعطي فترتي التأهب بزمن ربع دقيقة لكل منهما وتدور العقارب علي هذا النحو ، أما بالنسبة للدائرة الكهربية فيكون المنبع عادة من تيار مستمر وبجهد قليل



الشكل رقم ٤-٣٠ : تشغيل الساعة الزمنية للتوقيت الآلي لإشارة مرور

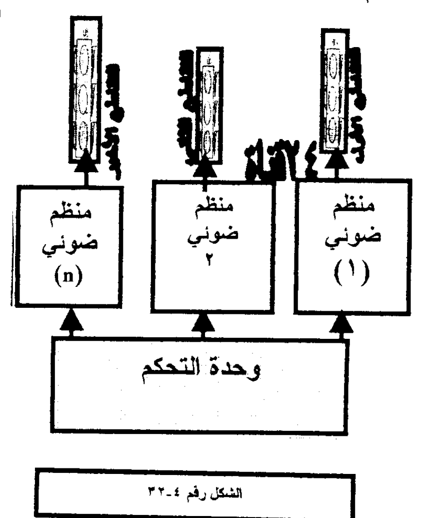
ويكون المفتاح لتشغيل الدائرة الآلية أو فصلها عند العمل اليدوي وهذا المفتاح يوصل الجهد الموجب إلي مؤشر الساعة الزمنية المتحرك بينما هناك عددا من العقارب الثابتة عليها قد يكون ثلاث أو أكثر وكل منهم يضبط علي التوقيت المطلوب داخل الدورة الزمنية كما هو مبين علي الشكل ومن ثم يصل العقرب المتحرك وعليه الجهد ويتصل بالعقرب الثابت فور التلامس معه عند الوصول الزمني المحدد من قبل فينقل الجهد إلي المؤشر الثابت وهو متصل بالمصباح ذو اللون المحدد وهذه المصابيح جميعا متصلة بالطرف الثاني من المنبع فتقفل الدائرة الكهربية ويضيء هذا المصباح. وهذا تم وضعه في هذا الإطار من الشرح لتوضيح أسس العمل مع الدوائر الحديثة متقدمة التقنية مثل تلك التي تخص الإضاءة المسرحية .

من هذا الشكل نستطيع وضع الدورة الزمنية للألوان علي النحو التالي : (١،٥ ق أحمر + ٠،٢٥ ق أصفر + ٣ ق أخضر + ٠،٢٥ أصفر) ويمكن الاعتماد علي منظومة الحاكمات المنطقية المبرمجة في التعامل مع كل هذه الصفات .

الشكل رقم ٤-٣١

ثانيا : الطرق السريعة High Ways

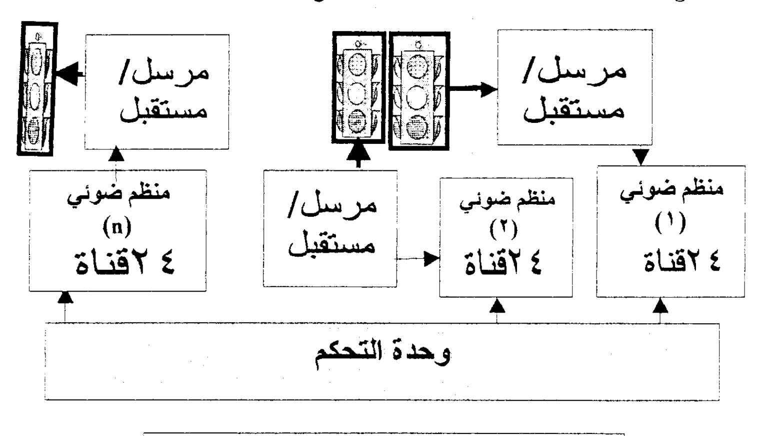
نأتي الآن للتعامل مع الإشارات في الطرق السريعة وليس المقصود هنا الإشارات في الموقع كل علي حدة بل نتدارس موضوع فتح الطريق أمام السيارات للسير في اتجاه الطريق السريع دون إعاقة من الإشارات المفردة عبر الطريق أي عدم توقف السيارة المتكرر ما دام الطريق السريع رئيسيا فإذا نظرنا إلي الشكل رقم ٤- ٣١ نجد أن التحكم الآلي من خلال وحدة التحكم الضوئي وتوصيل كل مصباح علي قناة مستقلة Channel من المنظم الضوئي فيكون التحكم سهلا وسريعا ولا يحتاج إلي متابع مادام العمل مسجلا بالذاكرة ويعمل تلقائيا بعد ضبطه حسب المطلوب ويظهر التحكم في إشارتين لتقاطعين متتاليين لطريق سريع وهذا يستلزم تشغيل وحدة التحكم مع منظم ضوئي يخصص عليه ثلاث قنوات لكل إشارة بالطريق كي يتم إضاءة المصباح المحدد (أخضر - أصفر - أحمر) حسب النور المقتن وبالتفاوت الزمني المطلوب والذي يعتمد علي بعد المسافة بين التقاطعين وهو بالتالي يتأثر بالسرعة المطلوبة للسيارات بينهما ولذلك يوضع مقتن للسرعة بين الإشارتين حتى يستطيع قائد السيارة المرور من الإشارتين دون توقف وهذا كله من الأمور السهلة تبعا لما سبق شرحه بالنسبة للأضواء المسرحية ، ويكون عدد القنوات معتمدا علي عدد المصابيح (الإشارات) المطلوب عملها مع المنظومة الآلية ككل.



الشكل رقم ٤-٣٢

من هذا الشكل المبسط نستطيع تفهم جوهر العمل الآلي لهذه الإشارات كما يمكن إضافة ٦ قنوات أخري للاتجاهات المتقاطعة مع الطريق الرئيسي ويكون التزامن لها محددا ولا يتداخل مع الطريق الأصلي ويمكن زيادة عدد هذه القنوات عن ذلك إذا كان التقاطع ثلاثيا ويصبح في كل تقاطع عدد القنوات المطلوبة هو ٩ وليس ٦ ، ويبقي حساب السرعة المقننة كي تصل السيارات من الإشارة الأولي إلي الثانية في الزمن المسموح لتعبر من التقاطع قبل تغيير الضوء فيمنع المرور في الاتجاه السريع ، وبدخول كل الإشارات عند التقاطع وعددها ٢٤ للتقاطع المزدوج يكون عدد القنوات في المنظم الضوني مساويا لعدد المصابيح كما هو موضح في الشكل رقم ٤-٣٢ حيث يتم تخصيص منظم ضوني مستقل (٢٤ قناة) لكل تقاطع .

من هذا المبدأ نستطيع الانتقال إلي تشغيل الطرق السريعة داخل المدن مثل الطرق الدائرية أو الطرق الرئيسية في المدن الكبرى والعواصم ولكننا سوف نواجه مشكلة المسافات الطويلة لكابلات الإشارة والتي لا يسمح بأكثر من ٣٠٠ متر ومن ثم يدخل جهاز تشغيل البيانات Data Processing لكل مسافة قصوى فيرتفع السعر والتكلفة الكلية وهو ما يجعل



الشكل رقم ٤-٣٣

الأسلوب الهوائي (اللاسلكي) الأفضل والأمثل في إتباعه بحيث يوضع عند كل إشارة مرسل / مستقبل (Transmitter/ Receiver) فتقصر المسافات إلي الحدود المسموح بها وهو ما نوضحه في الشكل رقم ٤-٣٣ حيث يظهر هذا الجهاز المزدوج مع كل خروج ودخول إلي المنظم بينما تكون وحدة التحكم واحدة.

يتبقى إظهار التزامن بين المصابيح المختلفة في الإشارات المتتالية وبذات الإشارة علي النحو المبين في الشكل رقم ٤-٣٤ حيث تكون في التقاطع الواحد الإشارات كما هو مبين

في الشكل حيث يبدأ اللون الأحمر كوضع ابتدائي ثم يبدأ اللون الأصفر علي ثلاث خطوات يليها اللون الأخضر بينما يكون العكس تماما لهذه الألوان في الاتجاه المتعامد عليه في ذات التقاطع ، ولا يتبقى إلا استكمال الدورة الزمنية لتشغيل الإشارات المتعددة المتتالية في طريق العودة إلي الوضع الابتدائي فنصل إلي اللون الأحمر مرة ثانية وتكون بذلك الدورة الزمنية قد تمت وتبدأ من جديد بينما الوضع المعاكس يكون مع التقاطع إذا ما كانت المفارق مزدوجة الاتجاه فيكون الأحمر بدلا من الأخضر بينما يظهر الأصفر في آن واحد في كل الاتجاهات . يبين الشكل وضعا جديدا لم يظهر مع الساعة الزمنية للتشغيل الآلي السابق التعرض له في إشارة مرور حيث نجد :

١ - من الضروري وضع زمن البدء وزمن الانتهاء في كل عملية إضاءة حيث يكون عادة زمن البدء ثانية واحدة تقريبا بينما يصل زمن وقف الضوء في حدود ٤ ث ويكون بذلك الزمن المتبقي للإضاءة الساطعة المحددة . كما نعبر عن الدورة هذه زمنيا بالألوان علي النحو : (٥ ق أحمر + ٤ ث انتهاء أحمر مع ١ ث بدء أصفر + ١٠ ث أصفر + ٤ ث انتهاء أصفر + ٢ ث إظلام + ١ ث بدء أصفر + ١٠ ث أصفر + ٤ ث انتهاء أصفر + ٢ ث إظلام + ١ ث بدء أصفر + ١٠ ث أصفر + ٤ ث انتهاء أصفر + ٢ ث إظلام + ٢ ث أخضر بدء + ١٠ ق أخضر + ٤ ث انتهاء أخضر مع ٢ ث بدء أحمر ليستمر ٥ ق أحمر وتدور الدورة مرارا وباستمرار) ويكون بذلك زمن الدورة هو مجموع هذه الأزمنة أي ١٦ ق وثانيتين ، كما يمكن ضبط هذه الأزمنة تبعا للظروف المرورية وتغيرها مع الزمن طوال اليوم (٢٤ ساعة) .

لون الإشارة
أحمر أصفر أخضر
الزمن (ث)
الإتجاه السريع

لون الإشارة
أخضر أصفر أحمر
الزمن (ث)
الإتجاه المتقاطع

الشكل رقم ٤-٣٤

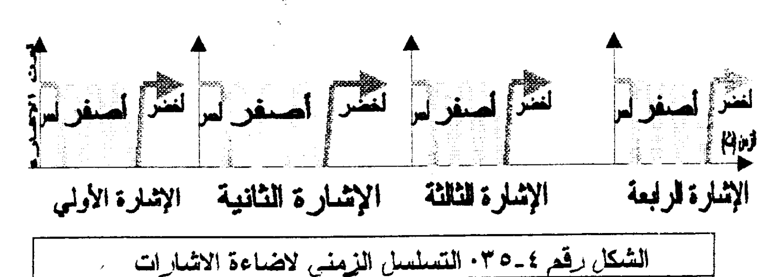
٢ - من الناحية الأخرى يمكن هنا الخلط بين الألوان فيكون اللون الأصفر (زمن التأهب) متداخلا مع اللون الأحمر كما يوضح الشكل هذا الوضع وقد يكون الفصل بين الألوان تماما هو المطلوب أيضا وكلاهما يمكن ضبطه حسب التعليمات والقوانين التي تحدد هذا التشغيل .

هناك أيضا التزامن للمصابيح في الإشارات المتتابعة علي الطريق السريع الواحد في اتجاه ما يسمى بالطريق الأخضر أي أن السيارة تسير دون توقف ويكون التسلسل الزمني للإضاءة كما نراه في الشكل رقم ٤-٣٥ .

تتوالى الإشارات ولكن هنا يدخل معاملا جديدا في الحسبان حيث يتأثر الضبط الزمني بالسرعة المقننة للعبور في نهر الطريق السريع دون توقف ولما كان من السهل تثبيت

السرعة أصبح جوهريا أن يتم حساب المسافات الطولية بين الإشارات لتتم هذه العملية بنجاح ، فمثلا إذا تضاعفت المسافة البينية يكون من الهام بدء الدورة الآلية لتشغيل أضواء الإشارة بعد الزمن اللازم لوصول السيارات إليها أي يتضاعف عن المسافة السابقة وعموما فالعلاقة خطية وسهلة بين الزمن والسرعة المقننة .

من أهم العلامات المميزة في هذه المنظومة انخفاض القدرة إلي حد كبير يسمح بتشغيل عدد هائل من الإشارات والتي قد تعطي المدينة بل ويمكن إضافة الطرق المختلفة لنفس وحدة التحكم ولكنها بقنوات مستقلة ويتزامن آخر لا يعتمد علي الأول ومن ثم يمكن تخزين كل هذه الأزمنة وتشغيل الحركة الكاملة للتشغيل علي أقراص الحاسب الآلي وبالذاكرة أيضا كي تعمل بصفة دائمة بل ويمكن إضافة التوقيت المتغير أوقات الذروة وأيضا أوقات اللاحمل (بعد منتصف الليل إلي ما قبل الفجر) .



الشكل رقم ٤-٠٣٥ التسلسل الزمني لاضاءة الاشارات

تطبيقات نمطية *Standard Applications*

تحتاج النظرة الهندسية الثاقبة إلي التركيز علي الدوائر الكهربائية القياسية في تطبيقات الإضاءة ومنها العديد ونقدم منها مثالين لتحديد أبعاد القياس والاختبار مع التشغيل الفني السليم في البنود القادمة .

٥-١ : الإستاد الرياضي Stadium

تأتي التغذية الكهربية للأحمال المختلفة داخل الموقع (مثل إضاءة الملاعب - المدرجات - المقصورة - غرف اللاعبين والحمامات وأجهزة التكييف والمكاتب الإدارية ومركز الإعلام بشبكات الإنترنت - المخازن والبدروم والطرقات وغيرها) من خطين رئيسيين لي الجهد العالي للتوزيع (١١ ك.ف.) ويجب أن يكون كلا منهما متصلا بجهة تختلف عن الآخر ليعطي مزيدا من الاعتمادية أي أنه يلزم مصدرين للتغذية مختلفين لضمان استمرارية التغذية ويوضح ذلك ما جاء في الشبكة الكهربية العامة لمثل هذه المواقع إضافة إلي مولد احتياطي (أو أكثر) بالموقع استكمالا لضمان التغذية مع أية احتمالات لقطع التيار بالشبكة القومية . وتتم عملية توزيع الأحمال بنظام محوري إضافة إلي وضع إمكانية الربط فيما بين هذه الخطوط المحورية عند الضرورة .

لوحة التوزيع الرئيسية

لوحة الكشافات

الشكل رقم ٥-١ : التغذية الكهربية للإستاد

تتوزع الأحمال بشكل نمطي علي دوائر بقواطع كهربية ذات مقننات (١٠ - ١٦ - ٢٠ - ٣٢ - ٤٠) أ مع مفتاح ثلاثي ٣٨٠ ف بتيار (٦٢ - ٣٢٠) أ ومفتاح ٢٥ - ٣٢ أ إضافة إلي المفتاح الرئيسي ٢٥٠ أ بلوحة التوزيع الرئيسية (الشكل رقم ٥-١) ، أما بالنسبة للإضاءة فمنها إضاءة المكاتب والغرف المختلفة تبعا للإضاءة المعتادة (غالبا الفلورسنت) ولكن الجديد منها هنا هو إضاءة الملاعب والتي تتم من خلال أربعة أبراج منهما اثنان كبيران (في مواجهة مدرجات الدرجة الثالثة) وآخران صغيران (في مواجهة المقصورة وأجهزة التصوير التليفزيوني) . يكون المقنن للبرج الكبير هو (١٠٠ كشاف × ٢ ك.و.) أي ٢٠٠ ك.و. بصفة أساسية إضافة إلي (٩ كشافات هالوجين × ١,٥ ك.و.) بمقدار ١٣,٥ ك.و. للتشغيل الطارئ عند اللزوم حيث أنها تتميز بسرعة البدء (بدء فوري) إلي أن يتم تسخين الكشافات الأساسية بالإستاد ويتم تغذية كل برج بمحول مستقل بقدرة ٥٠٠ ك.ف.أ. وبالمثل يشمل كل برج صغير ٦٠ كشاف × ٢ ك.و. + ٩

كشاف هالوجين × ١,٥ ك.و. بقدرة إجمالية ١٣٣,٥ ك.و. وله محول ٣٥٠ ك.ف.أ.
وتقع هذه الأبراج الأربعة عند الأركان الأربعة للملعب كي يكون التوزيع الضوئي متجانس ، بالملعب (الشكل رقم ٥-٢) .

مصابيح الإنارة علي الأبراج تحتاج إلي مكثفات لتحسين معامل القدرة حفاظا علي القدرة المستهلكة ولذلك يلزم تشغيلها عن طريق الدائرة الكهربية النمطية المشار إليها في الشكل ٥-٣ حيث تتواجد الملفات بقدرات عالية في دائرة التشغيل وكلها تعمل علي الطور الواحد بجهد ٢٢٠ ف .

الشكل رقم ٥-٢ : توزيع مصابيح الإنارة علي البرج

٥-٢ : المركبات

يوجد مصدران للطاقة الكهربية في أي من وسائل النقل والانتقال هما البطارية و المولد (الدينامو) وذلك لتغذية الأحمال المطلوبة في المركبات بشكل عام بما فيها الطائرات والسفن والقطارات المكهربة والمترو وغير ذلك من الوسائل ، ويحصل الدينامو علي الطاقة الديناميكية من الحركة الدائرية المتوفرة من تشغيل المحركات (الاحتراق الداخلي) ويغذي بها الأحمال وقت الدوران بل ويقوم بشحن البطارية الموجودة أيضا ولكنه يتأثر بشكل كبير بسرعة الدوران التي تعتمد علي سرعة المركبة بينما يحتاج إلي وسيلة تبريد مباشرة كي يؤدي واجبة بكفاءة عالية .

أما البطارية فهي عادة تعمل علي القطب الموجب مع توصيل السالب بجسم المركبة لاستكمال الدائرة المقفولة مع أقل تكلفة في الموصلات الكهربية بالرغم من أن هناك جهات فنية تتبع العكس في الأقطاب لأن التفاعل الكيميائي عند القطب الموجب أكبر تأثيرا مما يجعل التوصيل علي الجهة السالبة أفضل ولكن ذلك له من التأثير السالب علي الأطراف ومن ثم ظهر نظام ثالث وهو تبادل التوصيل بين القطبين مع ضرورة التعامل بأسلوب هندسي سليم مع الأقطاب والأطواق الخاصة بهما .

من الناحية الأخرى تعمل الإضاءة في المركبات علي محورين (الإضاءة الثابتة والثانوية) نضعها في إيجاز علي النحو المبين فيما بعد .

أولا : الإضاءة الثابتة

تختص الإضاءة الثابتة بالإنارة الليلية اللازمة لحركة المركبة وتتنوع إلي :

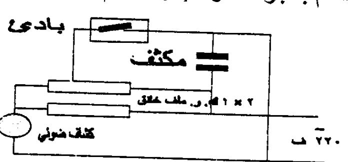
١- تحديد أبعاد المركبة

يتم ذلك من خلال مصابيح صغيرة القدرة بجهد ١٢ ف مستمر وتعمل علي الأركان الأربعة للمركبة (٢ أمام و ٢ خلف) فهي مصابيح بيضاء في الأمام وحمراء في الخلف ولا نحتاج

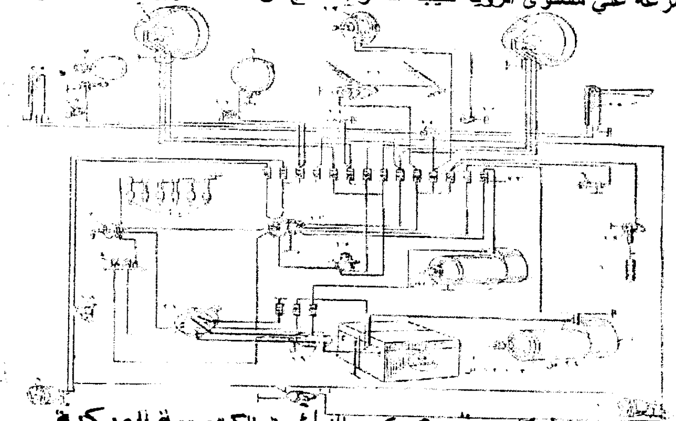
إلي شدة إضاءة لأنهم يؤدون الواجب المنوط بهم وهو تحديد أبعاد المركبة سواء للمواجه أو القادم خلفا .

٢ـ إضاءة الطريق أمام المركبة

تمثل إضاءة الطريق من أهم العوامل التي تؤثر في سلامة المركبة ومن فيها بجانب المارة أو الراجلين بمركبات أخرى ولذلك يلزم أن تكون شدة الإضاءة عالية المستوى مع التركيز التام بالجزء المراد إنارته أمام قائد المركبة بشرط ألا يضر بالقائد في المواجهة ، ومن ثم توضع كشافات ذات طابع خاص بالمركبات حيث يحتوي الكشاف الواحد علي فتيلتين ممركزتين . الفتيلة الأولي قليلة الضوء وممركزة لتعطي الإضاءة إلي مسافة قصيرة أما الثانية فتوضع في بؤرة العاكس تماما وشديدة الإضاءة وتعطي الإنارة إلي مسافات بعيدة ويجب ألا تصل إلي حد الإبهار كي لا تؤذي القائد بالمركبة المواجهة ، وبذلك يجوز تبادل مستويي المصباح (الكشاف الأمامي) عند عبور المركبات بالمواجهة وتعتمد السرعة علي مستوى الرؤية نتيجة الضوء الناتج من الكشاف ويوجد منها أنواع مقاومة



الشكل رقم ٥ - ٣ : الدائرة الكهربية لتشغيل كشاف الملاعب



الشكل رقم ٥-٤ : الدائرة الكهربية للمركبة

للضباب ولكنها مبهرة ولا يجوز استخدامها إلا في الضباب ، ويتم اختبار وضبط الكشافات الضوئية بالنسبة للمركبات بتحديد مستويي أشعة الضوء الصادر عن الفتيلتين . من جهة أخرى يلزم وضع مصباح صغير وباللون الأبيض بجوار اللوحة المعدنية للمركبة حتى يسهل قراءتها .

ثانيا : الإضاءة المساعدة

تتنوع أيضا هذه النوعية من الإضاءة تبعا للغرض منها وهي :

١ - إضاءة ثابتة بيضاء

تختلف عن الإضاءة الثابتة لأننا هنا بصدد التعامل الوقتي لظرف معين وهو ما يستخدم أثناء السير إلي الخلف ولكي تصبح الرؤية معقولة فيجب أن تكون الإضاءة باللون الأبيض وتصدر من مصابيح عادية قليلة القدرة مثل المصابيح الأربعة اللازمين لتحديد أبعاد المركبة ويرافق هذا الضوء التحذير الصوتي تنبيها لمن يجاور المركبة في الخلف والذي قد يكون في المنطقة المعتمة بالنسبة لقائد المركبة ، كما يلزم إضاءة عدادات القياس داخل المركبة مثل درجة حرارة المحرك أو أداء الدينامو وحالة تشغيل البطارية (تغذية – أو استهلاك) وغيرها ، ونحتاج إلي هذه المصابيح ليلا فقط .

٢ - إضاءة طوارئ

تتباين هذه النوعية في نطاق شاسع

أ) ضوء الفرملة

هذا النوع هام لتنبيه القادمين من الخلف عن التوقف المفاجئ كي يتخذ الاحتياطات الواجبة وبسرعة مناسبة وهو يعمل ليلا ونهارا ويعمل مع كل توقف وهو ضوء ضئيل القدرة ويتبع اللون الأحمر للتحذير .

ب) ضوء الدوران أو الانحراف

يستعان بالمصباح الأصفر لتحديد الجهة التي ستنحرف إليها المركبة وهي مصابيح بسيطة القدرة ولا تستعمل إلا عند الانحراف يمينا أو يسارا أو الدوران للخلف .

ج) ضوء الأعطال

يستخدم هذا النوع في حالة وجود عطل بالمركبة وقد تتوقف أثناء السير إضافة إلي أنها قد تعطي إفادة للمركبات القادمة لرؤية المركبة ويستعان في هذه العملية بأربعة مصابيح عند الأركان الأربعة للمركبة ولكنها باللون الأصفر معلنة أن هناك مركبة بجانب أنها قد تكون معطلة أو تحت ظرف التوقف المفاجئ وهي مصابيح عادية قليلة القدرة وتعمل بأسلوب الرعشة الضوئية .

د) ضوء فتح الأبواب

هي إضاءة داخلية عندما يتم فتح أحد الأبواب وهذه الخاصية هامة جدا للقائد لتحذيره أثناء السير إذا ما تم فتح أحد الأبواب كي يتوقف ويقوم بالغلق التام لجميع الأبواب .

ويقدم الشكل رقم ٥-٤ الدائرة الكهربية الخاصة بالمركبة ووسائل الحماية علي كل منها لأنها تعمل بالمبدأ المحوري في توزيع الطاقة الكهربية كل بدائرة مستقلة ويجدول الجدول رقم ٥-١ بيانات وأجزاء الدائرة الكهربية هذه .

جدول رقم ٥-١ : بيان بالأجزاء الداخلة في الدائرة الكهربية بالرسم رقم ٥-٤

م	البيان	م	البيان	م	البيان
١	مقطع	١٠	مصباح متنقل	١٩	قاطع رئيسي للبطاريات
٢	بطارية	١١	مصباح بيان للاضاءة البعيدة	٢٠	
٣	دينامو	١٢	جهاز تنبيه صوتي	٢١	قاطع البطاريات بالقدم
٤	مقاومة مراقبة شموع التسخين المبدئي	١٣	تماس الإشعال الرئيسي و مصباح بيان الشحن	٢٢	مآخذ التيار آخذ (فيشه)
٥	كشافات ضوئية أمامية	١٤	عاكس مؤشرات الاتجاه	٢٣	مصهر
٦	مصابيح ذات ضوء ممتد	١٥	قاطع الإضاءة	٢٤	مآخذ التيار
٧	كشاف	١٦	قطاعات	٢٥	مؤشرات الاتجاه
٨	أضواء خلفية	١٧	مفتاح تشغيل جهاز التنبيه	٢٦	ماسحة الزجاج
٩	اضاءة لوحة التوجيه (التابلوه)	١٨	قاطع ضوء الايقاف		

References المراجع

آسر علي زكي وحسن الكمشوشي : هندسة الإضاءة .
مجلة المهندسون - العدد ٤٩ ، ٥٤
محمد حامد : التركيبات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – ١٩٩٨
كاميليا يوسف محمد : الإضاءة وتوفير الطاقة

N. V. Suryaga Rayana : Utilization of Electric Power
Lighting Technology – A Guide for The Entertainment Industry – Brainfitt & Doe Thornley
Cayless & Marsdan : Lamps & Lighting
Michael Neidle : Emergency & Security Lighting – 1988
Marc Schiler : Simplified Design – Building Lighting – 1992
Siemens Lighting Catalogue - 1994
Glamox Lighting Catalogue – 1994
EGS Electrical Group ECM France.
Recommended Practice for DMX 512, Professional Light & Sound Association (PLASA)

رقم الإيداع ١٤٨٩٩ / ٢٠٠١